

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТАРАНДУШКА ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА

УДК 65.018.2

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

Галузь знань 27 - Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Л.А. Тарандушка

Науковий консультант Матейчик Василь Петрович, доктор технічних
наук, професор

Київ 2021

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.

Актуальність теми.

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

Якість виконання послуг на АСП характеризує коефіцієнт якості технологічних процесів, на який впливає множина параметрів. Аналіз сучасних досягнень в забезпеченні якості технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів показав, що більшість методик оцінювання якості базується на економічних параметрах та не враховує параметри стану АСП, зовнішніх факторів, що характеризують зовнішнє середовище та параметрів автомобілів, що обслуговуються.

Якість технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів виступає зв'язуючою ланкою між мікро- макро- та мета- рівнями системи автосервісу. Це дозволяє комплексно досліджувати процеси всередині системи, виявляти недоліки функціонування мережі, окремого АСП, виконання технологічного процесу та враховувати зміни значень параметрів системи в часі.

Вибір того чи іншого способу підвищення якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу як на стадії проектування, так і в умовах функціонування АСП повинен здійснюватись на основі всебічної, комплексної оцінки системи.

Таким чином, розробка методики оцінювання якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в системах автосервісних підприємств, яка б враховувала всі можливі фактори є актуальною науково-прикладною проблемою.

Основою для дослідження систем автосервісу є системний підхід, який було застосовано для визначення параметрів, що характеризують якість виконання технологічних процесів на автосервісних підприємствах [71, 130], для визначення номенклатури найчастіше виконуваних послуг та формування номенклатури споживчих критеріїв на автосервісних підприємствах [229, 238].

В дисертаційній роботі обґрунтована загальна методологія оцінювання якості функціонування системи автосервісу з врахуванням необхідних морфологічних ознак, в рамках якої:

- розроблено функціональні моделі мікро- макро- та мета- рівнів системи автосервісу [150, 152, 153], що дозволяє комплексно досліджувати процеси всередині системи, виявляти недоліки функціонування мережі, окремого АСП, виконання технологічного процесу та враховувати зміни значень параметрів системи в часі. Рівень якості виконаних робіт виступає зв'язуючою ланкою між трьома підсистемами загальної системи автосервісу;

- визначено критерії для оцінки якості системи автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях системи;

- визначено методику оптимізації рівня якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу;

- описано алгоритм процесу оцінювання автосервісу та підвищення якості виконання технологічних процесів в системі.

Розроблено комплекс математичних моделей нижнього та верхнього рівнів. На нижньому рівні моделювання здійснюється структуризація експертної інформації про те, що є у розпорядженні автотранспортного підприємства (трудові, технічні ресурси). На верхньому рівні моделювання формулюється і досліджується завдання знаходження альтернативних проектів підвищення якості технологічних процесів та вибір кращого з них.

Визначено математичні залежності між параметрами процесів на макрорівні системи. Це дає змогу оцінити перелік всіх параметрів та взаємозв'язок між ними під час функціонування системи на макрорівні.

Розроблено функціональну модель «Контроль за діяльністю АСП» системи автосервісу на макрорівні, в рамках якої запропоновано математичну модель оптимізації функціонування системи на основі індикаторів поточного стану. Дана модель дозволяє визначити напрями подальшої оптимізації системи автосервісу.

Одним з ефективних методів оцінювання та вибору способів підвищення якості виконання технологічних процесів в системах автосервісу є морфологічний аналіз [151].

Найбільш важливими роботами в цьому напрямі є дослідження зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких варто виділити наступних: 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, С. Mennenga, D. Velimirović, Ї. Duboka, P. Damnjanović, R. Oliva, R. Kallenberg, D. Tse, P. Wilton та ін.

В роботі було визначено параметри математичної моделі системи, які однозначно відповідають морфологічним ознакам її функціональних елементів.

За допомогою алгоритму Фаррара-Глобера було здійснено препроцесінг початкового масиву даних та визначено серед 19 параметрів системи 7 незалежних. Визначення незалежних параметрів сприяло побудові адекватних моделей та знизило складність подальших розрахунків [151].

Отримано модель системи автосервісу у вигляді множинної лінійної регресії, яка дозволяє кількісно оцінити вплив кожного із зазначених параметрів на функціонування АСП. Побудовано нелінійні моделі для системи автосервісу у вигляді систем нечіткого логічного виведення. Точність моделювання при цьому зросла завдяки використанню апарату нечітких множин, в якому

закладено можливість використання неточних, приблизних даних.

В процесі тестування нелінійних моделей систем логічного виведення Мамдані та Сугено на АСП контрольної вибірки визначено, що більш адекватною до реальних систем автосервісу є математична модель типу Сугено, в якій реалізовано метод дефазифікації зваженого середнього. Однією з переваг використання систем нечіткого логічного виведення є можливість візуалізації результатів дослідження довільного АСП.

Було проведено перевірку адекватності математичних моделей функціонування макрорівня системи шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень, яка показала, що математичні моделі задовільно описують основні процеси системи і можуть бути використані для оцінки ефективності різних способів підвищення якості технологічних процесів систем автосервісу.

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

Досліджено взаємозалежний вплив характеристик функціонального елемента АСП на показник якості технологічних процесів окремих підприємств та визначено умови досягнення максимального його значення. Досліджено вплив характеристик функціональних елементів «Автомобілі», «Середовище» на показник якості.

Розроблено методику розрахунку соціально-економічної ефективності роботи системи автосервісу, що враховує п'ятнадцять морфологічних ознак її функціональних елементів.

Наукова новизна отриманих результатів.

У результаті виконання дисертаційної роботи отримані такі основні наукові результати:

- *вперше* запропоновано та з системних позицій обґрунтовано методологію комплексного оцінювання якості технологічних процесів 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 технологічних процесів системи на різних рівнях ієрархії.

- *вперше* 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 технологічних процесів;

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

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

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

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

набув 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;

набув подальшого розвитку спосіб оптимізації технологічних процесів 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 досліджень складають:

- методика оцінювання технологічних процесів 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 технологічних процесів;

- програмний комплекс в середовищі Delphi 7.0 для дослідження впливу окремих параметрів функціональних елементів на рівень якості технологічних процесів 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 технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів;

- кількісні значення дійсних та цільових коефіцієнтів якості технологічних процесів 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 технологічних процесів.

Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх використанням при виконанні НДР “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.

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».

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

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати:

1. Тарандушка Л.А. Морфологічний опис верхнього рівня моделі функціонування автосервісних підприємств / Л. А. Тарандушка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(148). – С. 84–89.
2. Тарандушка Л.А. Побудова функціональної моделі автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – №1(46). – С. 333–340.
3. 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.
4. 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.
5. Тарандушка Л.А. Дослідження впливу параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на показник якості технологічних процесів системи автосервісу / Л.А. Тарандушка // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2020. – №40. – С. 179–187.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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**.

16. 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 transport samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki: wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – P. 91–99.

17. Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств / Л.А.Тарандушка, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, В.В. Біліченко. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(11). – С. 133–139.

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

19. 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.

20. 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.

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

22. 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 eksploatacyjne: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2020. – №20. – P. 93–102.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Тарандушка Л. А. Методика визначення рівня якості виконуваних послуг на автосервісних підприємствах / Л. А. Тарандушка, Н. Л. Костян // LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету – м. Київ: НТУ, 2020. – С. 83.

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.

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.

Topicality.

Car service centers (CSC) comply very important function of support and ensuring working condition of vehicles during the life cycle. The quality of technological processes during the maintenance and repairs of vehicles has great influence on road safety.

Quality of maintenance on CSC is characterized by a coefficient of quality of technological processes which is influenced by a number of parameters. Analyses of modern achievements in assurance the quality of technological processes and repair of vehicles has shown that most methods of evaluating the quality are based on

economical parameters and don't consider the CSC's condition, external factors, which characterize external environment and parameters of serviced cars.

Quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability is a link between micro- macro- and meta- levels of car service systems. It allows to comprehensively explore the processes within the system, identify the gaps in functioning of a network, individual CSC, implementation of technological process and take into account changes in values of system parameters over time.

The choice of any method of improvement the quality of technological processes on different levels of car service system, on design stage either during CSC's work, should be carried out on the basics of comprehensive assessment of a system.

So, the development of methods of evaluating the quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability in systems of car service centers, which would consider all the possible factors is current scientific-applied problem.

The basics for the research of system of car service is systemic approach, which was used to determine the parameters, that characterize implementation of technological process on car service centers [71, 130], to determine the nomenclature of the most frequently provided services and formation of nomenclature of consumer criteria on car service enterprises [229, 238].

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 [150, 152, 153]. It allows to comprehensively research the processes inside the system, to identify the gaps in functioning of a network, individual 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.

The complex of mathematical models of low and top levels was developed. The structuring of an expert information about what is available on the road transport enterprise (labor, technical resources) is made on the low level of modeling. On the top level of modeling, the tasks of finding alternative projects on improving the quality of technological processes and choosing the best one, are formulated and researched.

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.

One of the effective methods of evaluating and choosing the ways of improving the quality of technological processes in systems of car service is morphological analyses [151].

The most important works in this direction are the researches made by foreign and native scientists, among whom we should single out: M.F. Dmytrychenko, I.P. Kurnikov, I.A. Luik, V.P. Mateichyk, O.D. Markov, V.P. Volkov, V.V. Volhyn, O.A. Ludchenko, V.Ie. Kanarchuk, S.I. Andrusenko, V.V. Bilichenko, E.K. Posviatenko; I.V. Hrytsuk, V.V. Aulin, A.D. Chyhrynets, V.I. Sabaieva, S.S. Selivanov, V.N. Konoplov, Yu.N. Demin, L.B. Myrotyn, O.M. Lozhachevska, R.V. Hryhorenko, C. Mennenga, D. Velimirović, Č. Duboka, P. Damnjanović, R. Oliva, R. Kallenberg, D. Tse, P. Wilton etc.

In the work, the parameters of mathematical model of the system, which are unambiguously in accordance to morphological features of its functional elements were determined.

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 [151].

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.

The given model of car service system can be applied for the control of current and projection of perspective levels of quality of technological processes and for the analyses of different variants of optimization strategies of CSC.

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.

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.

Scientific novelty of the obtained results.

As the result of thesis the following main scientific results were obtained:

- for the first time it was introduced and from systemic standpoint was justified the methodology of comprehensive evaluation the quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability in three level systems of car service centers, which shows developed functional and mathematical models, methods of evaluating and algorithms of optimization of its subsystems on micro- macro- and meta-levels which allows to manage the quality of technological processes of the system at different levels of the hierarchy.
- for the first time the method of systematization of morphological structures for car service systems was applied. It allows to form morphological structures of real as well as perspective car service systems on morphological features of main functional elements, taking into account the level of quality of technological processes;
- for the first time the system of fuzzy inference was developed. It allows to obtain quantitative values of quality indicators of technological processes based on fuzzy information about characteristics of functional elements of car service systems;
- for the first time the complex of criteria for optimization of functioning of car service system was developed. It allows to ensure the target level of quality of technological processes;
- for the first time based on the lineal and nonlinear models of car service systems on macro level patterns of influence of essential characteristics of main functional elements on the quality of technological processes were determined, it allows to define the current level of the quality of technological processes and to predict its optimal value to any kind of car service enterprise;
- improved and researched the method of determination of social-economic effectiveness of car service system functioning, which differs taking into account its

functional elements, that influence the quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability, and allows to increase the income (effectiveness) of car service system by adjusting its current state;

- method of using indicators and system of indicators of car service systems acquired further development. In this method, unlike in the previous ones, together with the economic characteristics of the system considered also its technical, ecological and informative characteristics, which gives the opportunity, based on the algorithms of graph's theory, to choose the acute program of optimization of current systems' structure, taking into account morphological features of its functional elements;

- method of optimization of technological processes of car service system on criterion of effectiveness acquired further development. This method unlike the other ones is based on solving tasks of multicriteria optimization, which includes target functions of social-economic effectiveness of car service and potential losses of transport owners and restrictions on parameters of its functional elements, and allows to determine optimal morphological structure of system on any level of hierarchy.

Practical value of the obtained results of the research contain:

- methods of evaluating technological processes of car service systems on macro level, which considers the influence of 19 characteristics of functional elements “Car service enterprise”, “Automobiles” and “Environment” on level of quality and effectiveness of functional systems;

- algorithm of choosing morphological structure of car service systems and optimization of its functioning on criteria of quality level of technological processes;

- software complex in Delphi 7.0 environment to research the influence of separate parameters of functional elements on the level of quality of technological processes of car service systems on macro level;

- morphological structures of car service systems on macro level;

- quantitative values of parameter ranges of separate morphological features of main functional elements;

- complex of lineal and nonlinear mathematical models of car service systems for evaluating the quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability;
- quantitative values of current and target coefficients of the quality of technological processes for specific morphological structures of car service systems (operating CSC) under specified conditions of functioning;
- guidance on assurance of target coefficients of quality for operated CSC;
- methods of evaluating social-economic effectiveness of functioning of car service systems with regard to the characteristics of main functional elements of current and perspective morphological structures of system, which define the target level of the quality of technological processes.

The practical value of obtained results of the thesis are proved by their use in the performance of SRW “Development of general methodology of evaluating the quality of technological processes of car service systems”, № of state registration 0120U103772, SRW “Research the quality fulfillment of technological processes of car service enterprises”, № state registration 0120U103771, from 07-09-2020.

The results of the thesis are put into use in the Ministry of infrastructure of Ukraine, Ltd. ASKO, PrJSC “Cherkasy-AUTO”, Ltd. “ANT-AUTO-SERVICE”.

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

List of publications of the applicant.

1. Tarandushka L. A. Morphological description of the top level autoservice enterprises functioning model / L. A. Tarandushka // Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute. – 2020. – №1(148). – P. 84–89.
2. Tarandushka L. A. Creating of autoservice enterprises functional model / L. A. Tarandushka // Bulletin of the National Transport University. – 2020. – №1(46). – P. 333–340.
3. Tarandushka L. A. Development of a functional model of technological processes at car service companies / L. A. Tarandushka // Zhytomyr Polytechnic. Technical engineering. – 2020. – №1(85). – P. 3–8.
4. Tarandushka L. A. Research of technological processes quality indicator changing taking into account mutual influence of functional elements autoservice system / L. A. Tarandushka // Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport. – 2020. – №192. – P. 45–51.
5. Tarandushka L. A. Research of functional element's «Automobiles» parameters influence on the quality indicator of technological processes of autoservice enterprises / L. A. Tarandushka // Reporter of the Priazovskyi State technical university. – 2020. – №40. – P. 179–187.
6. Tarandushka L. A. Quality indexes monitoring technolodgy of cars technical / L. A. Tarandushka, I. P. Tarandushka. // Bulletin of Chernihiv State Technological University. Series "Technical Sciences": a scientific collection. – 2014. – №1(71). – P. 116–122.
7. Tarandushka L. A. Development of indicators system for quality controlling vehicles's processes of maintenance and repair / L. A. Tarandushka, Tarandushka I.P., Odokienko S.M.. // International scientific journal "Technological audit and production reserves". – Kharkiv. – 2016. – №3. – P. 52–56.
8. Tarandushka L. A. Service's nomenclature renking for autoservice enterprises / L.A. Tarandushka, V.V. Yanovskii // Bulletin of NTU. "Technical Sciences" series. Scientific and technical collection. – 2018. – №3(42). – P. 146-153.

9. Forming of consumer criteria nomenclature for development of autoservice enterprise's model [Electronic resource]/ Soltus A.P., L.A. Tarandushka, V.V. Bilichenko, N.L. Kostian. – Bulletin of Mechanical Engineering and Transport. - Vinnytsia. - 2018. - №2 (8). - P. 119–126.

10. Tryhub O. A. Determining the performance of injection fans of the automatic ventilation system of the car body/ O. A. Tryhub, V.V. Zagubinoga, Tarandushka L. A.// BULLETIN of Vinnytsia Polytechnic Institute. – 2018. – №4(139). – P. 95–102.

11. Tryhub O.A. Algorithmization of the process of automatic ventilation of the car body / Tryhub O.A., Tarandushka L. A., Bichok B.Y. // Bulletin of Cherkasy State Technological University. – 2018. – №1. – P. 90–96.

12. Tarandushka L. A. Analysis and calculation of energy costs for the operation of different types of cars / Tarandushka L. A., Pavlik M.L. // Bulletin of Cherkasy State Technological University. – 2016. – №2. – P. 28–32.

13. Tarandushka L. A. The assessment of level work car service with parameters of quality maintenance and repair of motor vehicles / Tarandushka L. A., Tarandushka I.P. // Bulletin of Khmelnytsky National University. - Khmelnytskyi. – 2014. – №5. – P. 36–39.

14. Tarandushka L. Automation of calculating the cost of transport services using the theory of decision trees / L. Tarandushka, N. Kostian. // Bulletin of Khmelnytsky National University. Series: Tech. Science: Journal. – 2017. – №1. – P. 207–213.

15. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises [Electronic resource]/ Tarandushka L, V. Mateichyk, N. Kostian etc.] // Eastern-European journal of enterprise technologies 2/3 (104), pp. 58-75. – 2020. – Available: DOI:10.15587/1729-4061.2020.200332.

16. Mateichyk V.P. Optimization of autoservice enterprises activity based on the current state indicators. / Mateichyk V.P., L.A Tarandushka, N.L. Kostian. // Systemy i srodki transport samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki:

wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – P. 91–99.

17. Development of car service enterprises network functional model / L.A. Tarandushka, N.L. Kostian, O.D. Markov, V.V. Bilichenko. // Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute. – 2020. – №1(11). – P. 133-139.

18. L. A. Tarandushka. Functional model of selection the strategy form organization of production for the qualitative performance of services at auto service enterprises / L. A. Tarandushka, N.L. Kostian. // Modern technologies in mechanical engineering and transport: a scientific journal. – 2018. – №1(10). – P. 131–136.

19. Tarandushka L. A. Mathematical model for choosing organization's form of production for quality implementation of services at the technicalservice station / Tarandushka L. A., Tarandushka I.P. // Bulletin of Cherkasy State Technological University. - Cherkasy.– 2015. – №2. – P. 64–70.

20. Tarandushka L. A. The analitic model of work service stations / L.A. Tarandushka, I.P. Tarandushka // Bulletin of Cherkasy State Technological University. – 2015. – №3. – P. 114 –120.

21. Tarandushka L. A. Software support of production restructuring in quality management system of autoservice enterprise [Electronic resource] /Tarandushka L. A., Kostian N.L. // Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – 2019. — P. 48-56. Available: DOI: 10.31471/1993-9965-2019-2(47)-48-56.

22. 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 eksploatacyjne: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2020. – №20. – P. 93–102.

23. Tarandushka L. A. Three-level model of quality management system of car service enterprises / L. A.Tarandushka, N.L. Kostian. // All-Ukrainian Scientific-practical Conference The newest ways of creation, operation, repair and service of cars. – 2018.– P. 65-67.

24. Tarandushka L. A. Theoretical and information approach in the assessment of informative features for the organization of maintenance and repair of rescue vehicles. / Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference / Tarandushka L. A., Tarandushka I.P. // Cherkasy: – 2014. – P. 305–308.

25. Tarandushka L. A. Structured model of forms and methods of organization of maintenance and repair of cars at motor transport companies / Management of economic and social systems of society development in the context of European integration: a collection of abstracts of participants / Tarandushka L. A., Tarandushka I.P. // Cherkasy: Eastern European University of Economics and Management. – 2015. – P. 177–179.

26. Tarandushka L. A. Models of quality management of work performed at automotive companies / Tarandushka L. A., Tarandushka I.P. // Financial-economic and accounting-analytical support of business activity. Collection of abstracts of the participants of the International scientific-practical conference, Cherkasy. – 2017. – P. 163–166.

27. Tarandushka L. A. Modeling of aerodynamics of devices of a rear view of trucks / L.A. Tarandushka, O.V. Batrachenko // Abstracts of the Ukrainian scientific-practical conference "Application of modern computer-aided design systems in design and research practice", Kharkiv, 2019.– P. 36–38.

28. Tarandushka L. A. Automation of the choice of the form of organization of production for high-quality performance of services at the service station / L. A.Tarandushka, N.L. Kostian, I. P. Tarandushka // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: Collection of abstracts. – Cherkasy, 2016. – P. 357-359.

29. Tarandushka L. A. Optimization of car service enterprise's parameters to improve the quality of technological processes / L.A. Tarandushka, N.L. Kostian, I.P. Tarandushka // VII International Scientific and Technical Conference "Modern Trends in Mechanical Engineering and Transport" 11–13 November 2020 year, Kremenchuk, 2020. – P. 77–80.

30. Tarandushka L. A. Methods of determining the quality level services performed at auto service enterprises / L.A. Tarandushka, N.L. Kostian // LXXVI scientific conference of faculty, graduate students, students and staff of separate departments of the university – Kiev: NTU, 2020.– P. 83.

31. Car: Pat.144246 Ukraine: B62D 37/02 (2006.01). Pilipenko O.M., Batrachenko O.V., Tarandushka L.A.; application. 06/04/2018; publ date 25.09.2020, Bull. №18.

32. Trunk of a car: pat.132445 Ukraine: B62D 31/00, B62D 33/02 (2006.01). Tarandushka L.A., Khandyuk M.V., Filimonova N.V., Batrachenko O.V.; application. 10/01/2018; publ date 02/25/2019, Bull. №4.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	30
ВСТУП.....	31
РОЗДІЛ 1 НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМ АВТОСЕРВІСУ	40
1.1 Структура та тенденції розвитку систем автосервісу	40
1.2 Поняття якості системи автосервісу	48
1.3 Параметри якості системи автосервісу	55
1.4 Аналіз вимог до систем автосервісу.....	62
1.5 Способи підвищення якості системи автосервісу.....	66
1.6 Методи оцінювання якості системи автосервісу	69
1.7 Висновки до розділу 1	72
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ	74
2.1 Системний підхід як метод дослідження.....	74
2.2 Структура системи автосервісу та загальний алгоритм оцінювання якості технологічних процесів на окремих ієрархічних рівнях.....	76
2.3 Формування моделі системи автосервісу на макрорівні.....	77
2.4 Формування моделі системи автосервісу на мікрорівні	84
2.5 Формування моделі системи автосервісу на метарівні	90
2.6 Систематизація морфологічних структур системи автосервісу на макрорівні	98
2.7 Вибір критеріїв для оцінки якості системи автосервісу	103
2.8 Методика оптимізації рівня якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу	108
2.9 Логічна організація процесу оцінювання та вибору способів підвищення якості виконання технологічних процесів в системі автосервісу	110
2.10 Висновки до розділу 2	112

РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ	113
3.1 Моделювання процесів на макрорівні системи автосервісу.....	113
3.1.1 Моделювання процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП».	113
3.1.2 Моделювання процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів»	118
3.1.3 Моделювання процесу «Контроль за діяльністю АСП»	120
3.1.4 Моделювання процесу «Оптимізація діяльності АСП».....	125
3.2. Функціональні моделі процесу оптимізації системи автосервісу.....	125
3.2.1 Структура методики визначення оптимальної форми організації виробництва в системі автосервісу	131
3.3 Методика визначення оптимальних значень незалежних параметрів, що характеризують функціональний елемент «Автосервісне підприємство» для підвищення якості виконання технологічних процесів системи	136
3.4 Структура управління якістю на макрорівні системи автосервісу на основі нечіткої логіки	139
3.5 Перевірка адекватності математичних моделей елементів системи автосервісу	145
3.6 Висновки до розділу 3	149
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІС	151
4.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	151
4.2 Морфологічний аналіз системи	152
4.3 Визначення набору незалежних параметрів системи.....	155
4.4 Побудова лінійної моделі	164
4.5 Розбиття вихідної вибірки на навчальну та контрольну.....	166
4.6 Побудова моделі функціонування автосервісного підприємства на основі теорії нечітких множин.....	168
4.7 Результати дослідження системи «АСП – Автомобіль – Середовище»	174
4.8 Математична модель вибору форми організації виробництва.....	179

4.9 Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі автосервісу	196
4.8 Висновки до розділу 4	203
РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ	ВПЛИВУ
ХАРАКТЕРИСТИК	
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ НА ЯКІСТЬ	
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО	
ЕКСПЕРИМЕНТУ	206
5.1 Вплив параметрів функціонального елементу «АСП» на величину коефіцієнта якості технологічних процесів підприємств автосервісу різних типів	206
5.1.1 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Пункт ТО»	206
5.1.2 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «пункт ТО»	207
5.1.3 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Авторемонтна майстерня»	211
5.1.4 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Авторемонтна майстерня»	212
5.1.5 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «СТО»	215
5.1.6 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «СТО»	215
5.1.7 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Авторизована СТО»	218
5.1.8 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Авторизована СТО»	219

5.1.9 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Спеціалізоване АСП»	222
5.1.10 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Спеціалізоване АСП».....	223
5.1.11 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Комплексне АСП».....	226
5.1.12 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Комплексне АСП».....	227
5.2 Вплив параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на величину коефіцієнта якості технологічних процесів підприємств автосервісу різних типів	230
5.3 Дослідження комплексного впливу функціональних елементів системи автосервісу на показник якості	240
5.3.1 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для пунктів ТО.....	240
5.3.2 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для авторемонтних майстерень	247
5.3.3 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для СТО.....	249
5.3.4 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для авторизованих АСП	254
5.3.5 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для спеціалізованих АСП.....	259

5.3.6 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для комплексних АСП	262
5.4 Соціально-економічна ефективність роботи системи автосервісу в умовах її оптимізації.....	266
5.4.1 Методика розрахунку соціально-економічної ефективності роботи системи автосервісу	266
5.4.2 Апробація методики розрахунку соціально-економічної ефективності на прикладі спеціалізованої системи автосервісу на макрорівні	275
5.5 Висновки до розділу 5	279
ВИСНОВКИ.....	283
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	287

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСП – автосервісне підприємство;

МАСП – мережа автосервісних підприємств;

ПР – поточний ремонт;

Р – ремонт;

СТО – станція технічного обслуговування;

ТЗ – транспортні засоби;

ТО – технічне обслуговування;

ТП – технологічний процес;

ТР – технічний регламент.

ВСТУП

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

Якість виконання послуг на АСП характеризує коефіцієнт якості технологічних процесів, на який впливає безліч параметрів. Аналіз сучасних досягнень в забезпеченні якості технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів показав, що більшість методик оцінювання якості базується на економічних параметрах та не враховує параметри стану АСП, зовнішніх факторів, що характеризують зовнішнє середовище та параметрів автомобілів, що обслуговуються.

Тому розробка методики оцінювання якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в системах автосервісних підприємств, яка б враховувала всі можливі фактори є актуальною проблемою сьогодення.

Якість технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів виступає зв'язуючою ланкою між мікро- макро- та мета- рівнями системи автосервісу. Це дозволяє комплексно досліджувати процеси всередині системи, виявляти недоліки функціонування мережі, окремого АСП, виконання технологічного процесу та враховувати зміни значень параметрів системи в часі.

Вибір того чи іншого способу підвищення якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу як на стадії проектування, так і в умовах функціонування АСП повинен здійснюватись на основі всебічної, комплексної оцінки системи.

У цій предметній області вітчизняними та зарубіжними вченими досліджено і отримано вагомі результати з широкого кола окремих аспектів проблеми. Але на цей час відсутні комплексні дослідження системи

автосервісних підприємств, які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи та інженерні методики оцінки впливу всіх вагомих факторів на якість технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів.

Розробці методики оцінювання та визначенню способів підвищення рівня якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів на різних типах АСП присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота пов'язана з виконанням НДР “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 їх працездатності, з врахуванням соціально-економічної ефективності, в системах автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях.

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

1. Аналіз ролі якості ТП відновлення працездатності ТЗ в забезпеченні їх безпеки, енергоефективності та екологічності в умовах експлуатації.
2. Розробка методології оцінювання якості технологічних процесів систем автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях.
3. Виконання систематизації систем автосервісу на макрорівні за морфологічними ознаками їх основних функціональних елементів.
4. Виконання структурної та параметричної ідентифікації моделей оцінювання рівня якості технологічних процесів відновлення працездатного стану ТЗ в системах автосервісу.
5. Експериментальне дослідження впливу параметрів основних функціональних елементів на якість ТП підтримування та відновлення

технічного стану ТЗ в системах автосервісу різних типів.

6. Обґрунтування вибору типу моделі для дослідження рівня якості технологічних процесів в системах автосервісу різних морфологічних структур та їх верифікація.
7. Дослідження впливу характеристик функціональних елементів системи автосервісу на якість технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ за результатами комп'ютерного експерименту.
8. Розробка рекомендацій щодо оптимізації структури діючих систем автосервісу для досягнення цільових показників якості.
9. Оцінка соціально-економічної ефективності забезпечення цільового рівня якості технологічних процесів систем автосервісу.

Об'єктом дослідження є системи автосервісу на мікро-, макро- та метарівнях, що включають технологічні процеси підтримування технічно справного стану транспортних засобів 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 на мікро-, макро- та метарівнях.

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 технологічних процесів.

Оцінка способів підвищення якості технологічних процесів 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 за результатами порівняння розрахункових даних з експериментальними.

Комплекс експериментальних досліджень різних способів підвищення якості технологічних процесів систем автосервісу включав визначення коефіцієнту якості технологічних процесів 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 технологічних процесів 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 технологічних процесів 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 технологічних процесів;

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

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

- визначено закономірності впливу суттєвих характеристик основних функціональних елементів на якість технологічних процесів, що дозволяє визначати існуючий рівень якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ та прогнозувати його оптимальне значення для будь-якого типу автосервісного підприємства;

удосконалено та досліджено спосіб визначення соціально-економічної ефективності функціонування систем автосервісу, який відрізняється від існуючих врахуванням характеристик їх функціональних елементів, що впливають на якість технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів, та дозволяє підвищити ефективність системи автосервісу за рахунок коригування морфологічних структур;

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 технологічних процесів 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 дисертаційного дослідження складають:

- методика оцінювання якості технологічних процесів системи автосервісу на макро рівні, 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 технологічних процесів;

- програмний комплекс в середовищі Delphi 7.0 для дослідження впливу окремих параметрів функціональних елементів на рівень якості технологічних процесів 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 технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів;

- кількісні значення дійсних та цільових коефіцієнтів якості технологічних процесів 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 технологічних процесів.

Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх використанням при виконанні НДР “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.

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. Основні результати досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані автором особисто та викладено в роботах [72, 150, 152, 239, 240]. Особистий внесок дисертанта в колективних публікаціях полягає в такому: застосовано системний підхід для визначення параметрів, що характеризують якість виконання технологічних процесів на автосервісних підприємствах [71, 130], застосовано системний підхід для визначення номенклатури найчастіше виконуваних послуг та формування номенклатури споживчих критеріїв на автосервісних підприємствах [229, 238], застосовано системний підхід для визначення основних параметрів схеми вентиляції кузова автомобіля для безпечної експлуатації [144, 146], проведено розрахунок витрат енергоресурсів для експлуатації різних типів автомобілів, що відображає складову рівня екологічної безпеки [132], розраховано оцінку відповідності виконання технологічних процесів до вимог нормативно-технічної документації [92], виконано розрахунок вартості послуг автосервісу [137], розроблено морфологічну матрицю системи автосервісу, за допомогою якої можливо описати функціонування будь-якого типу автосервісного підприємства [151], отримано математичну залежність для розрахунку індикаторів поточного стану автосервісного підприємства [155], розроблено модель в системних об'єктах, що відображає функціонування мережі автосервісних підприємств [153], розроблено функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва автосервісних підприємств за стандартом функціонального

модельовання IDEF0 [237], виконано модельовання 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 [227, 228], розроблено алгоритми вибору оптимальної форми організації виробництва в підсистемі менеджменту якості автосервісного підприємства [236], розроблено математичну модель у загальному вигляді для розрахунку функції ефективності системи автосервісу [241].

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); Міжнародних науково-технічних конференціях “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 дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 242 найменувань, додатків. Повний обсяг дисертації становить 326 сторінок, 118 рисунків, 36 таблиць, список використаних джерел на 27 сторінках.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМ АВТОСЕРВІСУ

1.1 Структура та тенденції розвитку систем автосервісу

Транспортна галузь України має безпосередній вплив на всі життєво важливі галузі країни, адже транспортні перевезення є ключовим елементом від якого залежить економічний розвиток держави.

Під час інтенсивної автомобілізації в Україні (табл.1.1, 1.2), питання про підтримання транспортних засобів в робочому стані постає гостро. Ремонтом та технічним обслуговуванням транспортних засобів займаються автосервісні підприємства, які складають систему автосервісу України.

Таблиця 1.1

Ретроспективний аналіз автомобілізації населення регіонів України [1]

Частина 1. Реєстрація легкових автомобілів за регіонами України							
1	2	3	4	5	6	7	8
Регіони/ Рік	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Всього зареєстровано
Україна	1101097	1095860	1077580	1062721	1039724	1007507	6384489
Області							
Вінницька (I)	5204	2546	1819	2442	4444	5852	22307
Волинська (II)	1987	1231	2465	2393	6293	12831	27200
Дніпропетровська (III)	19704	9162	3650	5425	8209	9422	55572
Донецька (IV)	16853	5706	1739	1996	3127	3789	33210
Житомирська (V)	2620	1952	1498	2115	4377	6254	18816
Закарпатська (VI)	325	974	932	1691	3522	5128	12572
Запорізька(VII)	7367	3531	1933	2677	4053	4087	23648
Івано-Франківська (VIII)	2404	1566	2860	3136	7899	11571	29436
Київська (IX)	234112	218324	200146	189412	172817	144006	1158817
Кіровоградська (X)	3415	1940	1059	1601	2369	2173	12557
Луганська (XI)	8349	2471	497	706	997	997	14017
Львівська (XII)	1941	2854	6881	7036	16094	22155	56961
Миколаївська (XIII)	4154	2114	1338	1836	2389	2461	14292
Одеська (XIV)	24799	7517	4091	5307	7518	10111	59343
Полтавська (XV)	5288	3129	1723	2559	3552	3816	20067
Рівненська (XVI)	1877	1535	2810	2084	4910	9402	22618
Сумська (XVII)	3067	1707	1127	1391	2161	2584	12037

Продовження табл.1.1

Тернопільська (XVIII)	1379	1197	1090	1822	3693	6030	15211
Харківська (XIX)	695	4413	4081	5924	8905	9564	33582
Херсонська (XX)	2949	1866	1347	1676	2246	2130	12214
Хмельницька (XXI)	367	1342	1596	2090	3708	5150	14253
Черкаська (XXII)	3619	2334	1378	1705	2807	3360	15203
Чернівецька (XXIII)	375	725	1261	1233	2142	4089	9825
Чернігівська (XXIV)	1968	1275	807	1020	1803	2262	9135
Σ	127837	67666	51197	64772	114922	154877	581271

Таблиця 1.2

**Диференціація регіонів України за рівнем автомобілізації населення
в 2013 – 2018 рр.**

Роки	Регіони, рівень автомобілізації населення яких є вищим за середній у державі	Регіони, рівень автомобілізації яких є нижчим за середній у державі
2013	III, IV, VII, IX, XI, XIV	I, II, V, VI, VIII, X, XII, XIII, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV
2014	III, IV, VII, IX, XII, XIV, XV, XIX	I, II, V, VI, VIII, X, XI, XIII, XVI, XVII, XVIII, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV
2015	II, III, VIII, IX, XII, XIV, XVI, XIX	I, IV, V, VI, VII, X, XI, XIII, XV, XVII, XVIII, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV
2016	III, VIII, IX, XII, XIV, XIX	I, II, IV, V, VI, VII, X, XI, XIII, XV, XVI, XVII, XVIII, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV
2017	II, III, VIII, IX, XII, XIV, XVI, XIX	I, IV, V, VI, VII, X, XI, XIII, XV, XVI, XVII, XVIII, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV
2018	II, III, VIII, IX, XII, XVI, XIX	I, IV, V, VI, VII, X, XI, XIII, XIV, XV, XVII, XVIII, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV

З проведеного аналізу видно, що автомобілізація населення вище середнього значення по Україні у Волинській, Дніпропетровській, Донецькій, Івано-Франківській, Київській, Львівській та Харківській областях.

Для забезпечення якості послуг, що виконуються на АСП, окрім рівня автомобілізації, необхідно ще враховувати вік автомобілів.

Чим старший вік автопарку, тим більша потреба суспільства у автосервісних підприємствах, що відновлюють працездатність транспортних засобів.

Вік автопарку значно залежить від рівня продажів нових автомобілів. Чим більший рівень продажів, тим молодший автопарк. Незначні продажі нових автомобілів та ввезення в країну транспортних засобів, що були у використанні, призводять до помітного старіння автопарку. Тому на початок 2016 року середній вік автомобіля у володінні українців складав вже 19,6 років (рис.1.1). Це найгірший показник за всю історію спостережень за авторинком України.

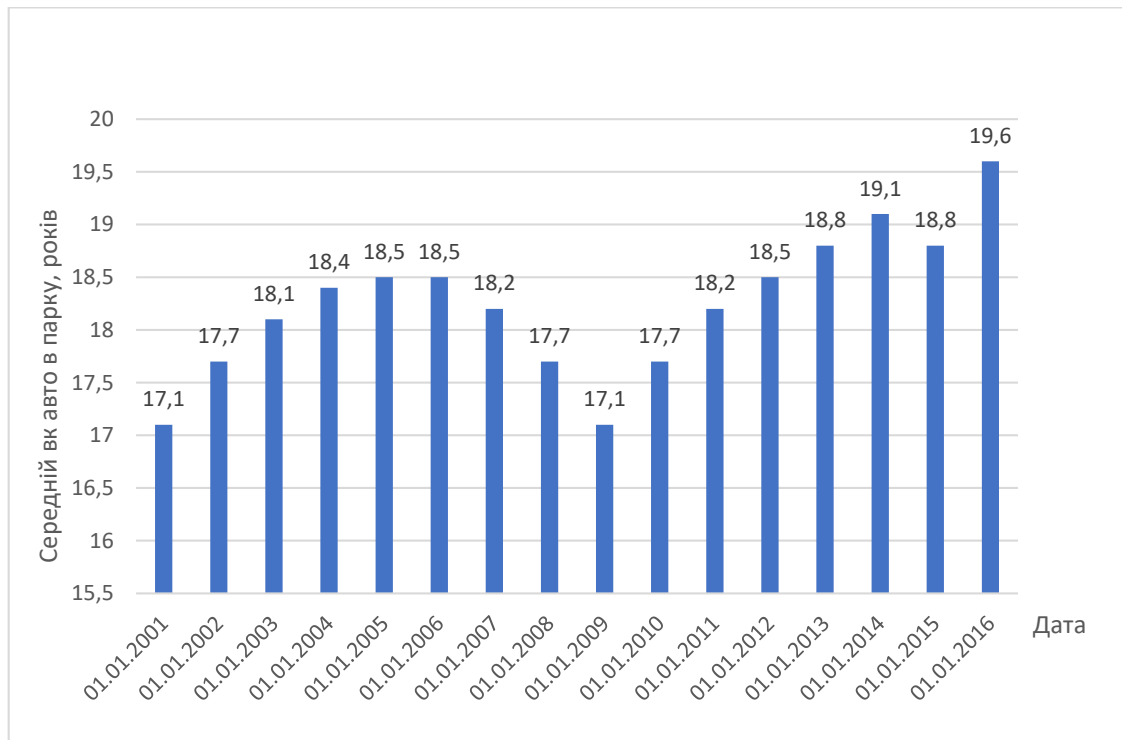


Рис. 1.1. Середній вік авто в парку на певну дату

В 2016 році загальний парк легкових та легких комерційних автомобілів в Україні склав 9121 тис. автомобілів і збільшився всього на 0,62%. При цьому, більше половини автомобілів (53,4%) складають автомобілі виробництва ще СРСР і країн СНД. Автомобілі з інших країн нарощують свою присутність і в окремих сегментах парку вже значно переважають над автомобілями російського виробництва. Найбільш масовими автомобілями в Україні є російські ВАЗи та ГАЗи, українські ЗАЗи, Volkswagen, Daewoo, Ford, Opel. Якщо аналізувати структуру парку України за роками випуску, то наймасовішими автомобілями в Україні є автомобілі 2008 року випуску - їх більше 744 тис. штук.

Найбільше зменшення автопарку спостерігається в сегменті автомобілів старше 1985 року випуску (рис.1.2) [2].

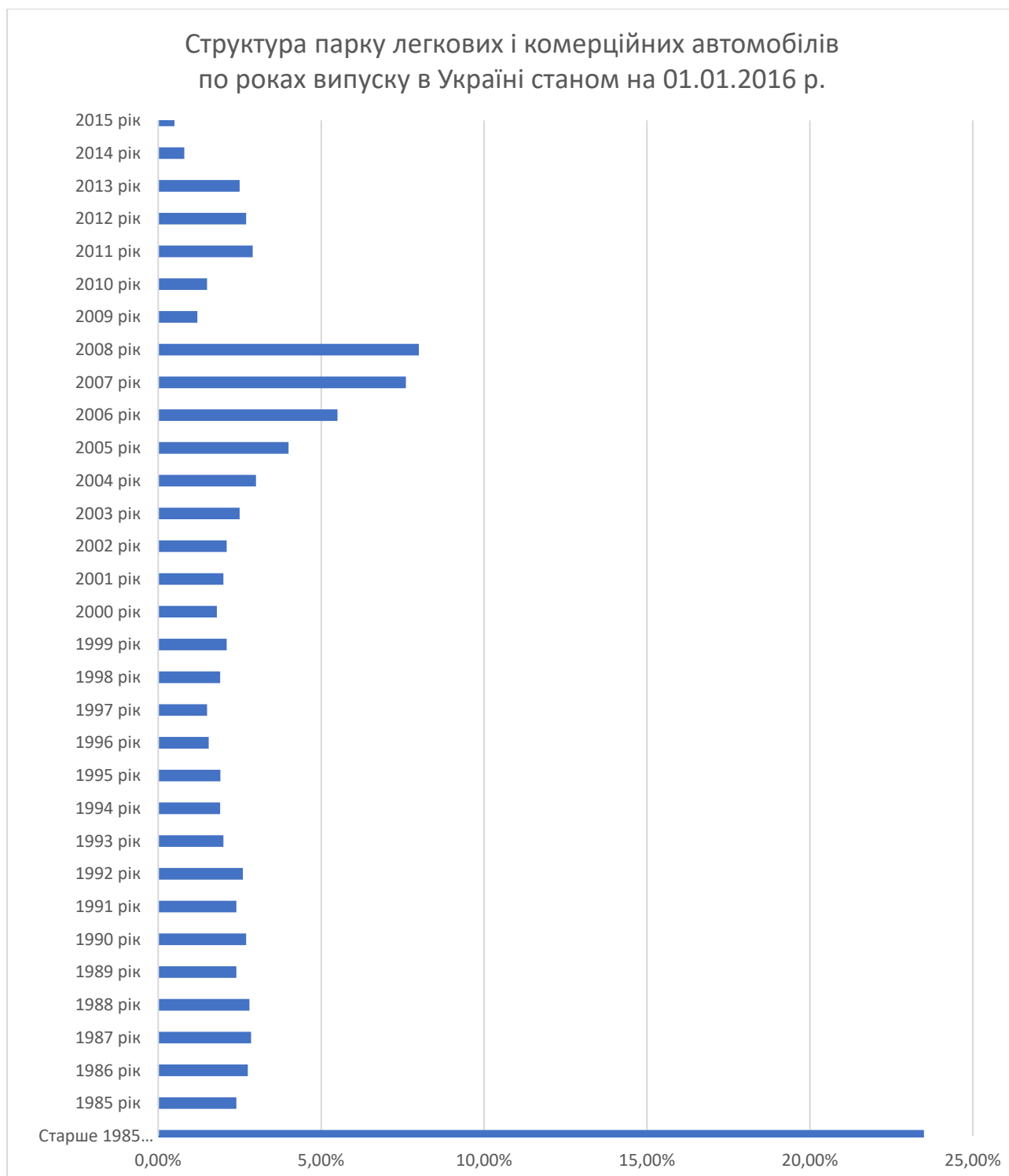


Рис. 1.2. Структура парку легкових і комерційних автомобілів по роках випуску в Україні станом на 01.01.2016 р.

За оцінками експертів, наприкінці 20 сторіччя транспортний потенціал повною мірою задовольняв попит на перевезення. Проте, згодом на транспортному ринку виникло ускладнення відновлення автомобільного парку.

Стратегічні напрямки розвитку та підвищення конкурентоспроможності автосервісних підприємств досліджували автори [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Перед дослідженням системи автосервісу України необхідно визначитись з організаційно-технологічною структурою елементів системи АСП. Основні рекомендації та правила функціонування АСП відображені в законодавчих актах, регламентуючих документах, постановах, технічних приписах, ДСТУ, нормативних документах [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

В даний час відомі різні класифікації методів формалізованого представлення систем. До них відносяться: схематичні, аналітичні, статистичні, теоретико множинні, логічні, експертні методи.

Схема організаційно-технологічної структури автосервісного підприємства відображена на рис. 1.3.

Незважаючи на швидкі темпи розвитку автосервісу, задовольнити попит на його послуги ще неможливо. Головними причинами цього є [32]:

- автосервіс розвинутий в основному у великих містах;
- близько 70% СТО лише схожі на автосервісні підприємства з точки зору технічного оснащення, кваліфікації персоналу, якості запасних частин, роботи з клієнтурою;
- автосервіс України не навчився бути сервісним підприємством, він все ще є підприємством з ремонту й обслуговування автомобілів.

Таким чином це означає, що тематика побудови системи українського автосервісу адекватної сучасним вимогам та обґрунтування ефективної системи управління нею належить до винятково актуальних питань сьогодення.

Система автосервісу повинна задовольняти в повній мірі потреби населення у відновленні працездатності транспортних засобів.

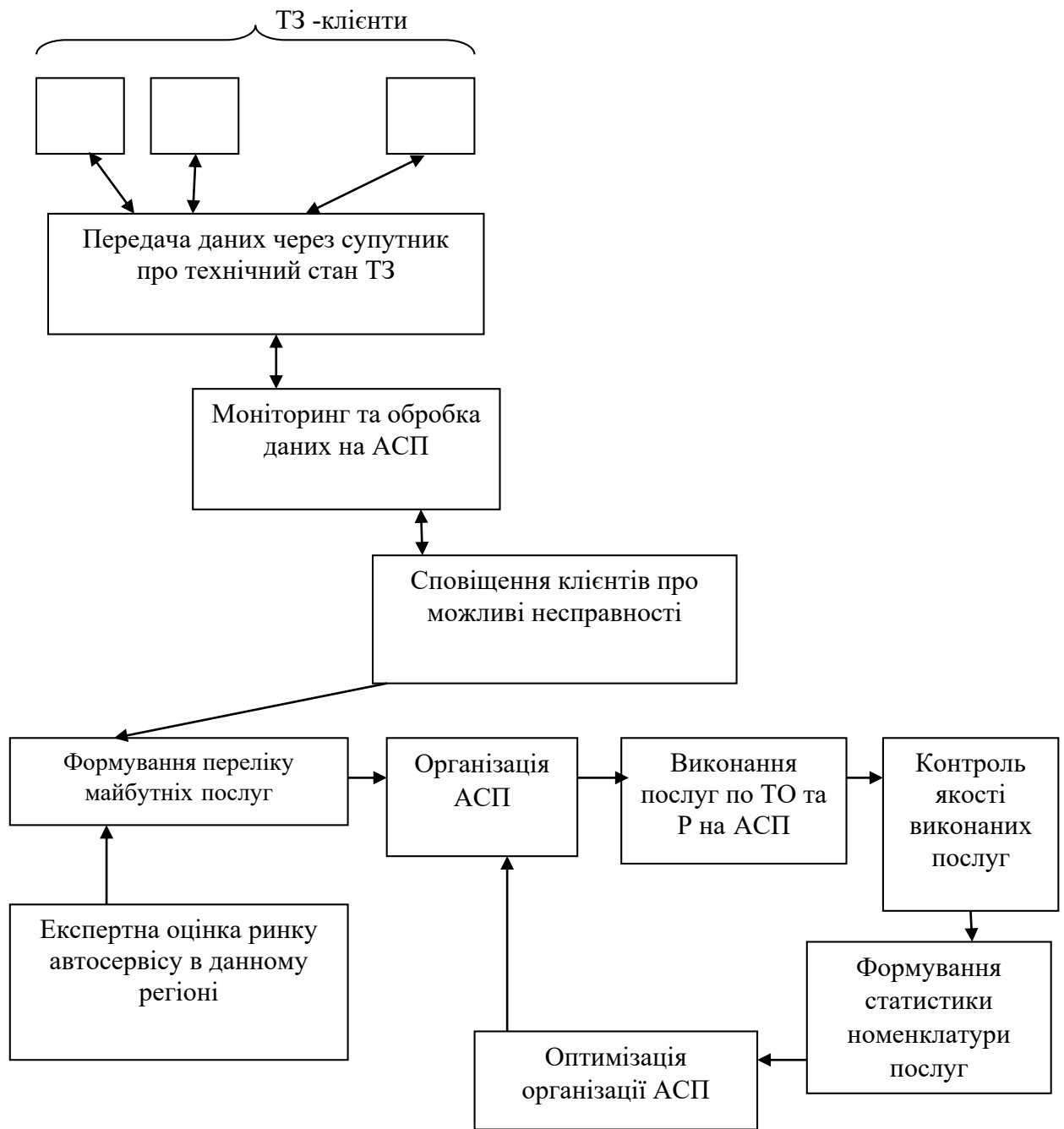


Рис. 1.3. Схема організаційно-технологічної структури автосервісного підприємства

Більшість науковців досліджували сферу автосервісного обслуговування окремо, як правило базуючись на економічних показниках. Наприклад, С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук досліджують питання функціонування та розвитку автосервісів, спираючись на бізнес-процеси підприємств [33]. В роботах [34, 35] В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А. Д. Чигринець та В.І. Сабаєв, С.С. Селіванов,

В.Н. Конопльов, Ю.Н. Демін описують виробничий процес автосервісних та автотранспортних підприємств без врахування сучасних досягнень науки та техніки. Наприклад, не враховується рівень інформаційного забезпечення підприємств. В роботі [36] розглядаються організаційно - правові форми підприємницької діяльності у технічному автосервісі, основні принципи планування та управління підприємствами, в роботі [37] запропоновано базову модель для опису та аналізу формату автомобільного сервісу, але не визначено конкретні параметри та їх вагу, що впливають на розвиток та якість виконуваних послуг.

Автори наукової роботи [38] вважають, що якість автосервісних послуг залежить від навчання персоналу, розробки інноваційних послуг, використання правил спілкування з клієнтами та включають в себе діагностику роботи автомобіля, виявлення несправностей і їх усунення без згоди клієнта. Але в даній роботі не враховано технічне забезпечення підприємства, що є дуже важливим фактором, який впливає на якість послуг, що надаються. В роботі [39] також приведені результати досліджень, які доводять, що рівень якості обслуговування клієнтів на автосервісних підприємствах є важливою характеристикою, яка впливає на ефективність виробничого процесу, тобто збільшує прибутковість та підвищує коефіцієнт лояльності клієнтів. Але залишилися не вирішеними питання, пов'язані з впливом технічного забезпечення на якість виконуваних послуг. Причиною можуть бути завдання авторів, що були пов'язані тільки зі споживчими критеріями.

Варіантом подолання труднощів, пов'язаних з врахуванням всього спектру критеріїв, які впливають на якість, є створення загальнодоступного документу. Саме такий підхід використовувався в роботі [40]. Мета даного дослідження полягає в тому, щоб зробити доступним документ «єдиного столу», який спрямовуватиме майбутніх дослідників у галузі технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Було запропоновано колективно об'єднувати дослідження в галузі автосервісних послуг. Результати дослідження показали, що SERVQUAL залишається найпопулярнішим методом оцінки якості

обслуговування та ремонту транспортних засобів. Автор зробив висновок, що модель, яка базується на опитуванні клієнтів про отриману послугу в ракурсі п'яти вимірювань, є основою для оцінювання послуг. Визначено перелік вимірювань: надійність, гарантія, матеріальні цінності, співчуття та відповідна реакція виробників, але не визначено ступінь впливу кожного з вимірювань на якість виконуваних послуг. Причиною цього може бути недосконалість математичного апарату, що вирішує багатокритеріальні задачі. Варіант подолання даної проблеми представлено в науковому дослідженні [41], де визначено дев'ять факторів якості та визначено їх значимість. Вважається, що ці результати можуть полегшити управління автозаправними станціями. В даній статті значущими факторами є надійність (35,74 %), спеціальні особливості (6,490 %), чуйність та симпатія (5,741 %), прозорість (відкритість роботи) (5,198 %), зорове враження (4,402 %), комфорт (4,012 %), довіра та впевненість (3,488 %), зв'язок з клієнтами (3,057 %), додатковий розмір послуг (2,803 %). Для визначення найбільш впливових факторів на якість послуг, з точки зору клієнтів, було використано метод факторного аналізу та Cattell «Scree».

В роботі [42] приведено результати дослідження щодо успішного функціонування автосервісних підприємств та визначено, що для вирішення даної задачі необхідно включати післяпродажні послуги до базової пропозиції товарів. Їх можна розділити на три категорії: післяпродажна економіка, вимоги користувачів та конкурентна перевага. Це впливає тільки на збільшення асортименту послуг, але не відображає спосіб впливу на підвищення якості.

Вирішення задачі визначення якості послуг відображено в роботі [43]. В даному дослідженні визначають якість виконаних робіт як основу для економічного розвитку автосервісних підприємств. Це стосується також автосервісів гаражного типу обслуговування. В даній роботі основна думка полягає у доцільності організації сервісного обслуговування автомобілів на основі вимог клієнтів. Контроль якості являє собою головний фактор для успішного виробничого процесу автосервісів. В роботі [44] також підводять до висновку, що якісне виконання послуг та супровід автомобіля після продажу є

дуже важливим для компаній, щоб залишатися конкурентоспроможними на ринку.

Автори [45] вважають, що якість виконання технологічних процесів залежить тільки від кваліфікації персоналу. Ю.Ю. Буренніков [3] висловлює думку, що забезпечити розвиток АСП можливо за рахунок скорочення часу виконання замовлень, диверсифікації виробництва (послуг), застосування гнучкої цінової політики, маркетингу послуг та підвищення загальної культури та репутації.

Передові автосервісні підприємства в розвинутих країнах для підвищення конкурентоздатності все в більшій мірі стають на шлях якості. Якість стала однією з найбільш важливих конкурентних переваг, яку в стратегічному плані взяли на озброєння багато надавачів послуг по технічному обслуговуванню та ремонту транспортних засобів для забезпечення свого успіху на національних ринках.

Таким чином тенденції розвитку системи автосервісу безпосередньо залежать від якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ.

1.2 Поняття якості системи автосервісу

Провівши аналіз літературних джерел, було визначено, що існує безліч визначень поняття «якість». Міжнародний стандарт ISO-8402 дає визначення поняттю «якість», як сукупності властивостей та характеристик послуг (продукції), які надають їм можливість задовольняти необхідні потреби споживачів. Цим стандартом регламентовано поняття «Забезпечення якості», «Керування якістю», «Спіраль якості».

Вимоги до якості визначені також міжнародним стандартом ISO 9000. Цей стандарт було вперше впроваджено наприкінці 80-х років 20 століття. Він вперше регламентував способи забезпечення якості на міжнародному рівні. Цей стандарт стосувався безпосередньо виробничих процесів та сфери управління

підприємством і встановлював чіткі вимоги до забезпечення якості. Результатом впровадження ISO 9000 в життя було запровадження сертифікації систем якості.

Міжнародний стандарт ISO 9000 встановив єдиний підхід до оцінки систем якості на виробництві у всьому світі. Він регламентував відносини між виробниками та споживачами, а його пріоритетом було забезпечення задоволення споживачів.

Формування якості послуг на автосервісних підприємствах починається на стадії проектування, тобто у фазі розробки технічних, технологічних, економічних принципів, які будуть служити основою на автосервісному виробництві. Результатом проектування є створення функціональної моделі виконання послуги, де враховуються всі чинники, які впливають на якість виконуваних послуг [46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59].

Якість виконуваних послуг безпосередньо пов'язана з роботою працівників на керівних посадах, які забезпечують якісне планування, аналіз та контроль на підприємстві.

З плином часу поняття «якість» змінювало своє значення. Це обумовлено об'єктивними вимогами суспільства, яке існувало в певний період часу.

На початку розвитку виробничої промисловості основними характеристиками якості були точність і міцність [60], а з підвищенням складності виконуваних робіт збільшилася кількість властивостей, які необхідно було оцінювати. Основна увага приділялася комплексній перевірці функціональних властивостей виробів. В умовах масового виробництва якість почала розглядатись з позицій задоволення якості усієї продукції у масовому виробництві.

З впровадженням автоматизації на виробництві почали з'являтися автоматичні пристрої для управління виробничими системами. В результаті цього виникло поняття «надійність», а якість почала ототожнюватися з надійністю.

В результаті постійного розвитку технічного прогресу контролювати якість ставало все складніше, тому були розроблені методи збору, оброки та аналізу інформації, які забезпечували якість послуг (продукції).

При цьому, для забезпечення якості та відсутності дефектів під час виробництва приділяється увага технологічному процесу.

В літературних джерелах командно-адміністративної економіки поняття якості трактується з позиції виробника, а в літературі ринкової економіки якість розглядається з боку споживача.

Разом з цим, якість, з погляду виробника і якість з погляду споживача, є взаємозалежними поняттями [61].

Для контролю якості послуг (продукції) була застосована система управління якістю, основні етапи розвитку якої включають:

- початковий етап системного підходу QC (Quality Control) – індивідуальний контроль якості – виникнення системи Тейлора (1905 р.). Вона встановила вимоги до якості продукції у вигляді полів допусків для певних параметрів. При застосуванні системи Тейлора на виробництвах були введена система штрафів за дефекти і брак, а вдосконалення роботи персоналу зводилось до навчання працювати з вимірювальним та контрольним устаткуванням. Взаємини з споживачами та постачальниками відбувались на основі правил, прописаних в технічних умовах (ТУ), виконання яких перевірялися при вхідному та вихідному контролях. Система контролю якості, згідно теорії Тейлора, будувалася на основі контролю кожного окремого виробу;

- другий етап розвитку системи якості SQC (Statistical Quality Control) – керування якістю статистичними методами. В 1924 р. Р. Джонс зазначив, що будь-яке виробництво – це певний технологічний процес, тому необхідно контролювати саме процес, а не виріб. Таким чином було засновано статистичне керування якістю. В цей час почали розробляти контрольні карти, за допомогою яких можна було виявити причини дефектів та усунути їх. В цей час з'явився інженер з якості, який повинен був аналізувати дефекти, визначати причини їх виникнення та усувати їх у виробничому процесі. До професійних навиків

додалося навчання статистичним методам аналізу. Відносини між виробником і споживачем ускладнились, тому що з'явилися стандартні таблиці на приймальний контроль;

- третій етап розвитку системи якості починається в 50-ті роки 20 століття, коли американський вчений Арманд Фейгенбаум висунув комплексну теорію керування якістю Total Quality Control (TQC). Було звернено увагу на взаємозв'язок якості та ефективності виробництва. На цьому етапі з'явилися документи, які встановлюють відповідальність і повноваження керівництва підприємства, а не тільки фахівців служб якості. Головними мотивуючими факторами для підприємства стали: майбутнє працівника, його страхування і підтримка його родини. Велика увага приділяється навчанню та самонавчанню працівників. В Європі почали документувати системи забезпечення якістю, з'явилася сертифікація послуг (продукції) незалежною стороною;

- четвертий етап розвитку системи якості, Total Quality Management (TQM) – тотальний менеджмент якості. В 70-80 роки 20 століття відбувся перехід від тотального керування якістю до тотального менеджменту якості. В цей час з'являється велика кількість міжнародних стандартів стосовно системи якості.

Стандарти ISO 9000 (1987 р.) - серія стандартів ISO, які застосовуються при створенні та удосконаленні систем менеджменту якості організацій:

- ISO 9001 «Система менеджменту якості. Вимоги»;
- ISO 9002 «Система якості. Модель забезпечення якості при виробництві, монтажі та обслуговуванні»;
- ISO 9003 «Системи якості. Модель для забезпечення якості при остаточному контролі та випробуваннях»;
- ISO 9004 «Менеджмент для досягнення стійкого успіху організації».

До 2010 р. були видані оновлені версії цих стандартів, в яких була приділена увага питанням забезпечення якості програмних продуктів.

Система TQM – це комплексна система, яка орієнтована на постійне вдосконалення якості та мінімізацію виробничих витрат. Тобто вдосконалення є

нескінченим. Для постійного вдосконалення необхідно залучати увесь колектив та використовувати різні форми і методи пошуків вирішення різних питань [62].

При використанні системи TQM на перший план виходить навчання персоналу, який буде активно шукати способи вирішення поставлених задач. Процес навчання стає нескінченим для працівників.

Головна ідея систем якості, що базуються на стандартах ISO 9000 – це задовольнити потреби споживачів і запевнити їх у тому, що всі роботи виконуються на високому рівні. Але тут не врахована орієнтація на економічну ефективність підприємств, тобто не забезпечується конкурентоздатність на ринку.

Але не дивлячись на це, дана система швидко розвивається та займає основне місце в ринковому механізмі, а сертифікація підприємства, що базується на стандартах ISO 9000, є ознакою того, що всі види робіт, які виконуються на підприємстві, мають високий рівень та забезпечують високу якість послуг (продукції). Наявність сертифікатів на систему якості стало однією з умов допуску до тендерів по участі в різних проектах та можливістю співпрацювати з іноземними фірмами та інвесторами;

- п'ятий етап розвитку системи якості ISO 14000 припадає на 90-і роки 20 століття. Під впливом суспільства на підприємства було впроваджено міжнародний стандарт ISO 14000, який регламентував вимоги до системи екологічного керування, за якими відбувається сертифікація. Ці вимоги стосувалися самого виробничого процесу, а не послуги (продукції). Оскільки, забезпечення якісного оточуючого середовища не можливе без зменшення викидів різного роду виробництвами, тому було представлено правила, яких потрібно дотримуватись при побудові системи.

Розвиток систем якості в Україні розпочався порівняно недавно, що дозволило врахувати досвід інших держав, які досягли успіху на даному шляху.

Як показує досвід інших країн, розвиток системи якості на виробництвах – це шлях до економічного зростання країни вцілому, а тому держава сприяє

розвитку і транспортної галузі, яка безпосередньо впливає на якість виробництва.

Українська система якості спрямована на забезпечення прав споживачів з питань надання безпечних послуг (продукції), які відповідають нормам розвитку науки та техніки.

Таким чином, в Україні все більше приділяється уваги до якості виконуваних послуг на АСП. Однією зі складних задач для українських виробництв є створення системи якості, яка б забезпечувала виробництво конкурентоздатними послугами. Важливим елементом при проведенні переговорів з іноземними замовниками є наявність у виробника системи якості та сертифіката на цю систему. Головною задачею системи якості є врахування особливостей виробництва, забезпечення мінімізації витрат на розробку послуг та впровадження її у виробничий процес, оскільки споживачі хочуть бути впевненими в якості виконуваних послуг та її стабільності.

Забезпечення якості вимагає великих витрат. Раніше основна частина витрат приходилася на фізичну працю, але сьогодні диктує інші умови – значна частина витрат відноситься до інтелектуальної праці, яка забезпечує виконання виробничого процесу на високому якісному рівні. А тому проблема якості не може бути вирішена без участі вчених, менеджерів, інженерів.

Значення якісно виконаних послуг відкриває шлях до співпраці з іноземними інвесторами. Зауважимо, що якість є важливим чинником для конкурентної боротьби на ринку автосервісних послуг. Вона враховує технічні, естетичні, соціальні, екологічні, ергономічні властивості послуг. При цьому конкурентоздатність послуг на ринку визначається сукупністю їх якісних і вартісних особливостей. Значення підвищення якості досить багато вимірне. Вирішення цієї задачі на мікро- рівні впливає на розвиток галузі в цілому, а оптимальне розподілення вдосконалення системи якості між окремо взятими автосервісними підприємствами веде за собою розвиток автосервісних підприємств на регіональному рівні та галузі в цілому.

Основним шляхом визначення способу вдосконалення системи якості є вивчення досвіду провідних підприємств відповідної галузі. Результатом аналізу літературних джерел, які стосуються досвіду вдосконалення систем якості на виробництвах є те, що на досягнення якості послуг повинні бути націлені всі підрозділи виробництва, і тільки тоді буде позитивний результат. Також ключову роль у підвищенні якості відіграють вимоги споживачів.

Досліджуючи систему якості на виробництвах в Японії, було визначено, що для підвищення якості послуг було введено таке поняття як «Культура якості» [63]. «Культура якості» - це складне поняття, що включає якість звітної документації, якість сервісного обслуговування, якість виконання виробничих операцій та ін. В Японії винайшли нову методологію діяльності підприємства, за допомогою тотального контролю якості. Ця методологія вийшла за рамки мікрорівня, вона включає також ринок автосервісних послуг, аналіз ринкової кон'юнктури, при цьому традиційне керування якістю не усувається, а продовжує вдосконалюватись. Тобто підвищення якості на підприємствах стає пріоритетним завданням для керівництва.

Головною відмінністю сучасних систем управління якістю є не тільки задоволення потреб ринку та ефективність виробництва, але й легкість у використанні при виконанні аналізу та вдосконаленні. Таке комплексне управління якістю дає можливість виробнику бути конкурентоздатним на національному та міжнародному ринках. Крім того, з'являється можливість аналізувати та приймати ініціативні рішення.

Комплексна система управління якістю – це взаємозалежна структура, яка містить ефективні управлінські методи, технічні рішення, що забезпечують найбільш ефективні способи взаємодії людей, машин та інформації з метою задоволення вимог споживачів, а також оптимізації витрат, і потребує вдосконалення.

Для вдосконалення системи управління якістю необхідно виконати моделювання даної системи, тобто побудувати робочу модель, яка буде

відображати подібність властивостей та взаємозв'язків реальної системи. Тобто це є динамічне відображення системи шляхом побудови моделі для комп'ютера.

Якість виконаних послуг на автосервісних підприємствах залежить від багатьох чинників, що стосуються організаційної структури АСП, забезпечення матеріальними та трудовими ресурсами, технічного, технологічного, метрологічного забезпечення, вимог ринку, енергетичних ресурсів та ін.

Систему управління якістю виконуваних послуг на автосервісних підприємствах пропонується розглядати на різних рівнях керування: мікрорівні – на рівні окремого технологічного процесу, макрорівні – на рівні окремо взятого підприємства, метарівні – на рівні окремо взятої мережі [64].

Із аналізу вищенаведеного випливає, що контроль якості технологічних процесів є базою для контролю якості всієї мережі автосервісу.

1.3 Параметри якості системи автосервісу

Для автосервісних підприємств підвищення якості рівносильне збільшенню виробничої програми.

Якість послуг, що виконуються, залежить від витрат матеріальних і трудових ресурсів, а тому вона є технічною і економічною категорією одночасно. Необхідні ресурси залежать від рівня розвитку науки, техніки та технології, забезпеченості матеріальними та енергетичними можливостями країни, від стану навколишнього середовища.

Важливою метою системи автосервісу є забезпечення якісного технічного стану транспортних засобів протягом всього життєвого циклу. Працездатність автомобілів під час експлуатації, у загальній мірі, буде залежати від ефективності роботи системи автосервісу.

Для характеристики якості послуг на автосервісному підприємстві використовуються наступні групи показників: технічні, технологічні, надійності, ергономічні, естетичні, економічні [65].

Параметри, від яких залежить якість виконаних послуг на АСП, досліджено в роботах [66, 67]. Тут розглядають якість послуг з аналізу тільки 5 параметрів, основним з яких є попит на послуги. В роботі [68] було запропоновано 39 параметрів, що пов'язані з обслуговуванням клієнтів на психологічному рівні. Було проведено дослідження щодо споживчих критеріїв та їх важливості [69]. Проаналізовано критерії ефективності автосервісу в роботі [70].

На основі проведеного аналізу було виявлено 24 найзначніші параметри, які мають вплив на якість виконуваних послуг на автосервісних підприємствах. В результаті аналізу цих параметрів було вирішено залишити 19, оскільки їх рівень значущості більший ніж 0,02 [71, 72].

Визначивши всі можливі параметри, що можуть впливати на якість виконуваних послуг та розвиток автосервісних підприємств, їх було розділено на 3 групи: ті, що відносяться до автосервісного підприємства, до автомобіля, що обслуговується та до середовища, де розташоване автосервісне підприємство (рис.1.4).



Рис. 1.4. Групи параметрів, що характеризують рівень якості виконуваних послуг на АСП

В ході аналізу було визначено перелік параметрів та методики їх розрахунку. До параметрів, що характеризують автосервісне підприємство було віднесено (рис.1.5):

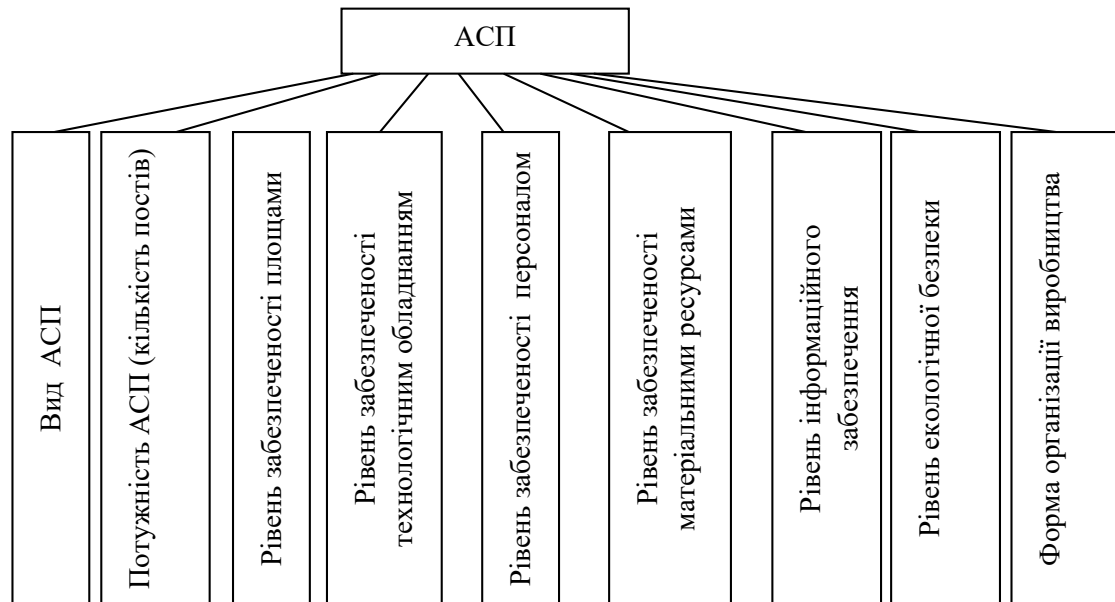


Рис. 1.5. Основні параметри, що характеризують автосервісне підприємство

параметр «Вид АСП» описується одним з варіантів:

- пункт ТО;
- авторемонтна майстерня;
- СТО;
- авторизовані СТО;
- спеціалізовані АСП;
- комплексні АСП;

параметр «Потужність АСП» (кількість постів) описується одним з варіантів:

- 1-2 пости;
- 3-4 пости;
- 5-6 постів;
- 7-8 постів;
- 9-10 постів;
- 11-12 постів;
- 13-14 постів;
- 15-16 постів;
- Більше 17 постів;

параметр «Рівень забезпеченості площами» описується одним з варіантів:

- дуже низький;
- низький;
- середній;
- високий;

параметр «Рівень забезпеченості технологічним обладнанням» описується одним з варіантів:

- низький;
- середній;
- високий;
- надлишковий;

параметр «Рівень забезпеченості персоналом» описується одним з варіантів:

- низький;
- середній;
- високий;
- надлишковий;

параметр «Рівень забезпеченості матеріальними ресурсами» описується одним з варіантів:

- дуже низький;
- низький;
- середній;
- високий;

параметр «Рівень інформаційного забезпечення» описується одним з варіантів:

- недостатній;
- достатній;

параметр «Рівень екологічної безпеки» описується одним з варіантів:

- особливо небезпечний;
- небезпечний;
- середньо безпечний;
- цілком безпечний;

параметр «Форма організації виробництва» описується одним з варіантів:

- постова з універсальним обладнанням;
- постова зі спеціалізованим обладнанням;
- дільнично-постова;
- індивідуальна.

До параметрів, що характеризують автомобіль, було віднесено (рис.1.6):

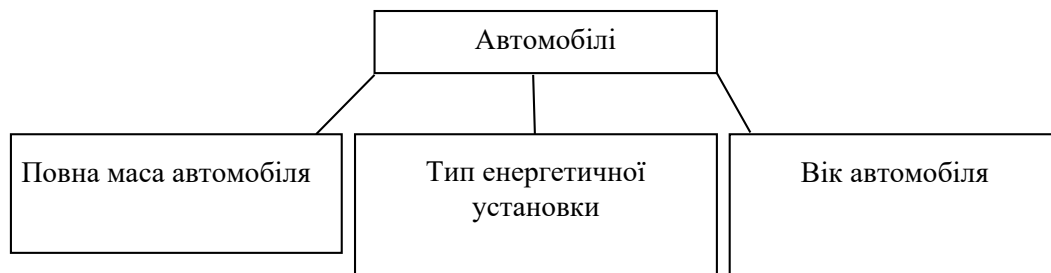


Рис. 1.6. Основні параметри, що характеризують автомобілі

параметр «Повна маса автомобіля» описується одним з варіантів:

- до 3,5 тон;
- до 7,5 тон;
- незалежно від маси;

параметр «Тип енергетичної установки» описується одним з варіантів:

- бензинові + дизельні;
- газобалонні;
- електричні + гібридні;
- ДВЗ+електричні + гібридні;

параметр «Вік автомобіля» описується одним з варіантів:

- до 3 років;
- до 15 років;
- незалежно від віку.

До параметрів, що характеризують середовище, в якому розташоване АСП було віднесено (рис.1.7):

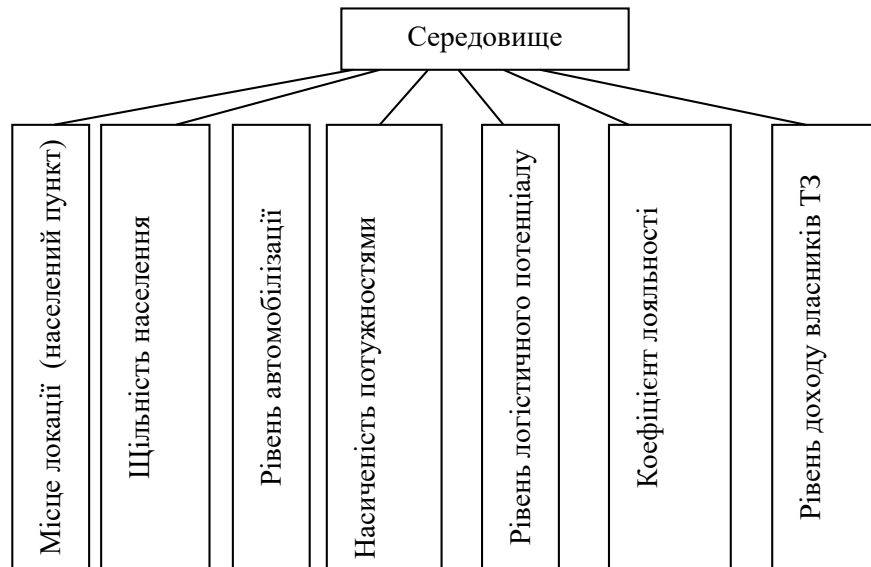


Рис. 1.7. Основні параметри, що характеризують середовище

параметр «Місце локації (населений пункт)» описується одним з варіантів:

- малий населений пункт;
- середній населений пункт;
- великий населений пункт;
- значний і крупний населений пункт;
- найзначніший населений пункт;

параметр «Щільність населення» описується одним з варіантів:

- низька;
- середня;
- висока;
- дуже висока;

параметр «Рівень автомобілізації» описується одним з варіантів:

- низький;
- середній;
- високий;
- дуже високий;

параметр «Насиченість потужностями» описується одним з варіантів:

- недостатня;

- середня;
- висока;

параметр «Рівень логістичного потенціалу» описується одним з варіантів:

- низький;
- середній;
- високий;
- дуже високий;

параметр «Коефіцієнт лояльності» описується одним з варіантів:

- дуже низький;
- низький;
- середній;
- високий;
- дуже високий;

параметр «Рівень доходу власників ТЗ» описується одним з варіантів:

- низький та середній;
- середній;
- середній та високий;
- високий;
- низький, середній та високий.

Визначивши усі необхідні параметри, за допомогою яких контролюється якість послуг, можна зробити висновок, що найбільша кількість параметрів належить до групи, що характеризує автосервісне підприємство та відображає максимальну кількість інформації, що описує технологію виконання послуг. Із аналізу вищенаведеного випливає, що якість послуг напряду залежить від якості виконання технологічних процесів на АСП.

1.4 Аналіз вимог до систем автосервісу

Реформи в Україні привели до значних змін в національній економіці, серед яких, в першу чергу, слід виділити формування сфери послуг. Вона об'єднує самостійні ринкові структури, здатні професійно задовольняти попит населення на послуги. Головним призначенням підприємницької системи автосервісу є надання комплексних послуг по технічному обслуговуванню та ремонту автомобілів [73].

Система автосервісу підпорядковується Міністерству інфраструктури України, яке є центральним органом виконавчої влади у сфері транспорту, закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності», «Технічному регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» від 22.03.17 р. [74]. Цей Технічний регламент визначає вимоги до виконавця технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів, їх складових частин (систем) та послуг, що надаються, а також до оцінки відповідності таких послуг.

За розвиток та вдосконалення наукової, технологічної та правової бази транспортного сектору економіки країни відповідає ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ. Його робота зосереджена на таких аспектах, як безпека, екологія, якість надання послуг, економічна ефективність та конкурентоспроможність транспорту, енергозбереження і впровадження альтернативних моторних палив тощо. Сьогодні інститут працює над створенням ефективної системи правового та технічного регулювання транспорту в умовах ринкових відносин, глобалізації ринків, інтеграції транспортної системи України та ЄС.

Робота кожного окремого АСП покликана задовольнити потреби власників транспортних засобів, пов'язані з технічним обслуговуванням та ремонтом.

Весь комплекс послуг автосервісу можна розділити на наступні групи [73]:

- технічні - виконання комплексу робіт по технічному обслуговуванню і ремонту автомобіля, його агрегатів, вузлів, деталей і систем, а так само акумуляторів, приладів електроустаткування, кузовів і шин;

- комерційні - торгівля автомобілями, запасними частинами, матеріалами і авто обладнанням, забезпечення паливно-мастильними матеріалами;

- інформаційні - забезпечення клієнтів-споживачів послуг необхідною інформацією, реклама сервісних послуг, постійне вивчення ринку автосервісних послуг, облік попиту і пропозиції клієнтів, пристосування до конкретних умов.

Конкретно до послуг технічного характеру відносяться:

- технічне обслуговування (ТО) і поточний ремонт (ПР) автомобілів;
- ремонт, відновлення агрегатів, вузлів, деталей, кузовів, шин, акумуляторів, приладів;
- діагностування автомобіля, його систем і агрегатів за замовленням;
- технічна допомога автомобілям на стоянках, місцях зберігання, вулицях і дорогах за викликом;
- переобладнання автомобілів;
- протикорозійна обробка кузовів легкових автомобілів і автобусів;
- відновлення пошкоджених автомобілів в результаті дорожньо-транспортної події;
- організація самообслуговування автомобілів;
- зберігання автомобілів.

Для підтвердження рівня якості послуг, що виконуються на АСП застосовують систематичний незалежний документований процес (згідно ISO 19011:2002) – аудит якості, який дає можливість отримати докази об’єктивного оцінювання та визначає ступінь виконання критеріїв аудиту. Це означає, що аудит якості відображає перевірку відповідності об’єкту (АСП в цілому або окремих процесів) певним вимогам, що регламентуються Законом України, Технічним Регламентом, Технічними умовами підприємства. Критеріями аудиту виступають «Політика» та «Цілі» у сфері якості. При виконанні аудиту якості

визначаються результативність застосованих заходів з управління якістю та необхідні коригувальні дії щодо підвищення якості.

Внутрішні аудити якості проводяться самим підприємством. Такі аудити дають керівництву повну та об'єктивну інформацію про функціонування процесів підприємства і стан справ щодо якості послуг.

Зовнішні аудити якості проводяться іншими сторонами, які мають певну зацікавленість до діяльності підприємства.

Спільний аудит якості проводять кілька організацій одночасно.

Широке впровадження систем управління якістю на підприємствах різних галузей стало причиною необхідності стандартизації підходів до їх аналізу й оцінювання, а згодом — і процедур сертифікації таких систем. Для забезпечення єдності підходів до проведення аудитів Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) були розроблені керівні настанови з проведення аудитів систем управління якістю та систем екологічного менеджменту. Ці настанови склали основу стандарту ISO 19011:2002, який прийнято в Україні як національний стандарт ДСТУ ISO 19011:2003 «Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і/або систем екологічного управління». Положення цього документу встановлюють стандартизовані підходи, методи й заходи з проведення аудиту якості [75].

Стандартом ISO 19011, поряд з іншими, передбачається розроблення програми аудиту, що містить опис усіх дій з організації та проведення аудиту на підприємстві. Відповідальність і вимоги до планування та проведення аудитів, звітування про результати і ведення всіх необхідних записів повинні бути визначені в задокументованій процедурі. Після проведення аудиту відповідальна особа повинна здійснити оцінювання завершеного аудиту та проаналізувати результати з метою запровадження коригувальних і запобіжних дій для поліпшення самого процесу аудиту.

Зазвичай аудит якості проводяться у декілька етапів [29]. Спочатку в ході систематичного і незалежного дослідження проводиться попередня оцінка документації системи управління якістю на відповідність вимогам ISO 9001.

Потім, при проведенні «аудиту на місці» (коли аудитори безпосередньо спостерігають за виконанням робіт і співпрацюють з персоналом), оцінюється відповідна діяльність організації шляхом паралельного порівняння з критеріями аудиту. Перевіряється відповідність реальних робіт тим вимогам, що містять нормативні документи, а також ступінь досягнення запланованих заходів, їх результативність і можливість поліпшення.

Досить складні завдання, що покладаються на аудит якості, визначають і доволі жорсткі вимоги до аудиторів. Стандарт ISO 19011:2002 містить перелік вимог до кваліфікації та особистісних якостей осіб, які претендують на статус аудиторів. При визначенні компетентності аудиторів роблять акцент на таких особистісних якостях, як аналітичне мислення, здатність до концентрації уваги, зосередженість, комунікабельність, відкритість і чесність, уміння виділяти головне з потоку інформації, уміння чітко формулювати думки. Підготовка компетентних аудиторів є однією з ключових проблем при впровадженні принципів управління якістю на вітчизняних підприємствах [76].

Також для контролю системи якості підприємства застосовуються міжнародні стандарти:

- ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів;
- ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги.

В роботі [72] було виділено 3 групи параметрів, від яких залежить рівень якості технологічних процесів на АСП:

- 1 група – параметри, що пов'язані з автомобілем, що обслуговується;
- 2 група – параметри, що пов'язані з АСП;
- 3 група – параметри, що пов'язані з середовищем, де розташоване АСП.

Кожна група має певну кількість параметрів, а загальна кількість параметрів складає 19. Очевидно, що кожен параметр має вплив на якість виконання технологічних процесів. Вектори параметрів є різноспрямованими та не можуть рівнозначно впливати на якість ТП. Тому постає конфлікт вимог до параметрів, які забезпечують найвищу якість ТП (рис. 1.8).

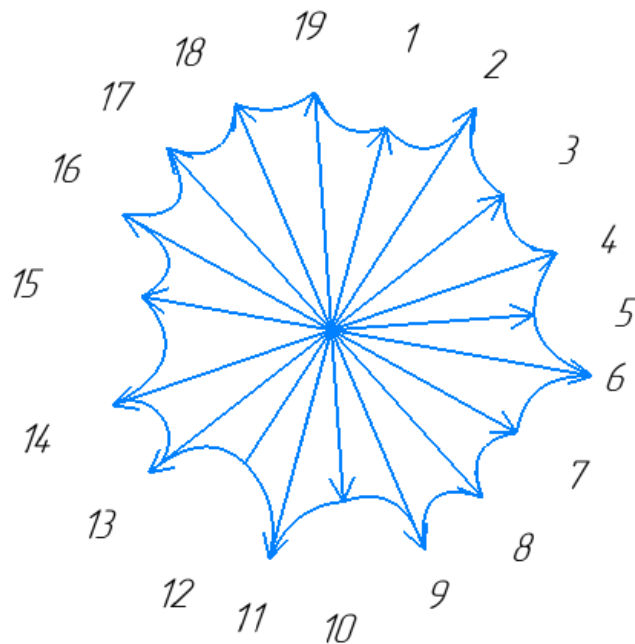


Рис.1.8. Ілюстрація «конфлікту» параметрів, що впливають на якість ТП

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, постає задача визначення ваги кожного параметру на якість виконання технологічних процесів АСП.

Провівши аналіз літературних джерел, було визначено, що при оцінці якості послуг на АСП враховувалися лише окремі параметри, що відображають деякі характеристики АСП та середовища.

1.5 Способи підвищення якості системи автосервісу

Якість послуг на АСП залежить від міри відповідності технічного стану відремонтованого автомобіля до стану нового. Роль і значення якості послуг

постійно зростає під впливом конкурентної боротьби. Високий рівень якості послуг сприяє підвищенню попиту, а відповідно і зростанню прибутку.

Високий рівень якості виконання послуг на АСП забезпечується шляхом впровадження комплексу технічних, економічних, організаційних та інформаційних заходів і представляє собою трудомісткий процес, що передбачає зміну технологічних процесів для виконання послуг.

Перед підприємством, що прагне бути конкурентоспроможним на ринку послуг з технічного обслуговування та ремонту автомобілів, постає необхідність застосування нових форм і методів підвищення якості послуг. Перш за все, це технічні методи, до яких відносяться: впровадження у виробничу діяльність підприємства нових видів технічного забезпечення та нових технологій; вдосконалення стандартів та технічних умов, що застосовуються на підприємстві; зростання питомої ваги сертифікованих послуг.

Важливе значення мають організаційні методи підвищення якості до яких відносяться: впровадження сучасних форм і методів організації виробництва та управління, вдосконалення системи контролю і самоконтролю на всіх стадіях виконання послуг, оновлення асортименту послуг, запозичення та використання передового зарубіжного досвіду в системах автосервісу.

Широко застосовуються соціально-економічні способи підвищення якості послуг, а саме: формування системи прогнозування та планування необхідного рівня якості послуг, створення ефективної системи мотивації праці всіх категорій персоналу, кадрова політика, що враховує оптимальну кількість та кваліфікацію персоналу, ефективна цінова політика.

З метою постійного моніторингу і покращення якості послуг, АСП має створити дієву систему управління якістю, яка представляє собою порядок регулювання виробничих та технологічних процесів, направлений на забезпечення необхідного рівня якості послуг [77, 78]. Вона є невід'ємною частиною системи управління виробництвом та передбачає дії, спрямовані на встановлення, забезпечення і підтримку необхідного рівня якості послуг в процесі їх проектування. Це означає, що проектування та якісне виконання

технологічних процесів на АСП є запорукою високого рівня якості послуг [79]. Управління якістю послуг здійснюється на основі реалізації таких функцій: прогнозування рівня послуг та розвитку підприємства, планування підвищення якості послуг та ефективності виробництва, нормування та організація розробки нових видів послуг, забезпечення стабільності запланованого рівня якості послуг, організація метрологічного забезпечення, контроль якості [80].

В роботі [66] зазначено, що основними способами підвищення якості послуг на АСП є заміна обладнання на більш сучасне, зміна технології виконання послуг та підвищення кваліфікації персоналу. Автор роботи [81] стверджує, що найефективнішим способом підвищення якості послуг є постійне підвищення кваліфікації персоналу та постійний моніторинг технологічного процесу виконання послуг.

Основними інструментами підтримки конкурентоспроможності автосервісних підприємств є високі технічні характеристики пропонованих послуг, їх якість та оптимальна ціна [82, 83, 84]. Стратегічне планування напрямків оптимізації діяльності АСП та забезпечення якості пропонованих послуг повинні виконуватись на основі детального аналізу поточного стану АСП та контролю виконання технологічних процесів .

Автором [85] сформульовано визначення якості автосервісу та якості послуг станцій технічного обслуговування, перераховано особливості якості послуг автосервісу. Під якістю автосервісу розуміється здатність задовольняти потреби споживача, пов'язані з використанням, експлуатацією, підтриманням та відновленням працездатності автомобіля. Послуги АСП повинні відповідати вимогам стандартів, експлуатаційним вимогам, що неможливо без забезпечення високого рівня технологічних процесів на підприємстві.

Авторами [33] та [86] запропоновано класифікацію послуг, які виконуються на АСП. В [33] та [87] побудовано моделі процесів планування роботи та функціонування підсистем АСП в основу яких покладено контроль якості технологічних процесів. В роботі [88] досліджено вплив параметрів виробничої системи на якість та ефективність роботи.

Таким чином, проаналізувавши роботи вітчизняних та зарубіжних науковців можна зробити висновок, що якість виконання технологічних процесів є основою існування АСП.

Для забезпечення виконання технологічних процесів на високому рівні необхідно визначити всі чинники, що на це впливають. Тому необхідно розробити функціональну схему виконання технологічних процесів, за допомогою якої візуалізувати вплив внутрішніх та зовнішніх факторів. Це дасть можливість ефективно впливати на якість виконання технологічних процесів та розробляти стратегії вдосконалення виконання послуг.

1.6 Методи оцінювання якості системи автосервісу

Методика оцінювання якості послуг на АСП найчастіше базується на опитуванні споживачів, тому розраховані оцінки мають похибки, які не завжди знаходяться в допустимих межах. Саме тому необхідно використовувати новітні методики оцінювання якості послуг. Вирішення даної задачі запропоновано в роботах [89, 90, 91]. Завдяки розвитку нових методик та технологій нечіткий контроль відіграє все більш важливу роль у сучасному суспільстві. Для опису процесів управління в роботі [89] проведено огляд принципів побудови нечітких множин, нечітких правил та нечітких систем виведення. Авторами досліджено ряд нечітких методів, що використовуються при проектуванні системи керування нечіткою та онлайн нечіткою системою управління, а також нечітка система управління замкнутим циклом, включаючи таблиці пошуку.

В роботі [90] представлено метод, що базується на використанні штучних нейронних мереж в процесі оцінювання якості транспортних послуг по перевезенню молочної продукції. Практичний експеримент довів високу ефективність запропонованого методу в оцінці транспортних послуг (99 % збігів).

Під час оцінювання якості виконуваних послуг часто застосовують експертний метод, який базується на оцінці послуги за допомогою певної шкали

[92, 93, 94, 95]. Використовують 5-бальні та 7-бальні шкали типу Лікерта, а також семантичні диференціальні шкали. На спотворення результату можуть впливати сприйняття шкали респондентом, а також культурні відмінності респондентів. Тому в роботі [91] було проведено дослідження щодо доцільності використання нечіткої логіки у вимірюванні сприйняття споживачів та експертів і запропоновано використання необмеженої n -вимірної шкали для оцінки якості послуг. За результатами дослідження було визначено, що люди здатні висловити свої оцінки з високою числовою точністю, самостійно визначаючи розмір шкали.

Для визначення рівня якості послуг можна використовувати лінгвістичні та числові значення, але числові значення не завжди забезпечують адекватну оцінку психологічної невизначеності. Варіантом вирішення даної проблеми може бути застосування нечітких множин. Саме такий підхід застосовано в роботах [96, 97, 98, 99, 100, 101, 102]. Моделювання системи управління якістю є важливим етапом для керування виробничими процесами підприємства. Тому було доведено, що для відображення багатокритеріальних процесів управління якістю зручно застосовувати механізм побудови правил нечітких множин, який надає можливість візуалізації впливу кожного критерію на рівень якості виробництва [103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112]. Тобто розглядається проблема пріоритетів коригуючих дій через нечіткі множини та відповідні правила, щоб уникнути труднощів, пов'язаних із неоднозначними значеннями певних критеріїв. Автори [113, 114, 115, 116, 117, 118] також використовують засади теорії нечітких множин для моделювання процесу управління якістю.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу джерел можна стверджувати, що досі не було розроблено методики, яка дозволяє оцінити та прогнозувати рівень якості виконуваних послуг, враховуючи всі параметри, що впливають на систему автосервісу. Серед прогресивних методів сучасних досліджень в даному напрямку найбільше застосування отримали методи на основі використання нечіткої логіки.

Тому для підвищення якості технологічних процесів необхідно визначити характер впливу параметрів системи автосервісу. Це дасть можливість дослідити

чутливість результуючої характеристики системи (коефіцієнт якості послуг) до змін її вхідних параметрів та застосовувати результати дослідження в процесі прогнозування.

Для визначення можливих шляхів покращення якості виконання технологічних процесів на АСП пропонується використовувати метод морфологічного аналізу [119]. Даний метод дозволяє систематизувати дані, що характеризують досліджувану систему, та провести аналіз їх можливих конфігурацій. Раніше виявлені 19 параметрів (розділ 1.3), за допомогою яких можливо оцінювати рівень якості виконуваних послуг, в даній моделі являють собою морфологічні ознаки.

Сполучення різних варіантів x_{ij} реалізації морфологічних ознак X_j , де i – номер варіанту реалізації j -ї ознаки в табл. 2.1, визначають можливі стани (структури) системи автосервісу.

Кількість можливих станів системи визначається за формулою:

$$N = \prod_{i=1}^n K_i \quad (1.1)$$

де K_i – кількість можливих варіантів реалізації i -ї ознаки; n – кількість ознак.

Таким чином, кількість можливих станів досліджуваної системи складає $N = 5,57384 \cdot 10^{11}$.

Розглянутий метод дозволяє аналізувати конфігурації системи, що є перспективними для конкретного АСП, з метою вибору найкращої стратегії подальшого розвитку.

Аналіз виконаних досліджень показує, що розрахункові методи визначення якості технологічних процесів на АСП широко застосовуються і дають достовірні результати. Проте, на сьогодні відсутні комплексні дослідження системи автосервісу, які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи та інженерні методики оцінки різних структур автосервісу та обґрунтування вимог до параметрів, які в сукупності визначають рівень якості виконуваних технологічних процесів на АСП.

1.7 Висновки до розділу 1

Система автосервісу України складається з сукупності АСП, які відповідають за підтримання справного стану протягом життєвого циклу транспортних засобів населення. Ефективність функціонування АСП на ринку автосервісних послуг напряму залежить від якості виконання технологічних процесів.

Якість стала однією з найбільш важливих конкурентних переваг, яку в стратегічному плані взяли на озброєння багато АСП, що функціонують на національному, європейському та світовому ринках автосервісних послуг.

Якість послуг з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів в межах мережі можна контролювати за допомогою запропонованої тривірневої моделі функціонування автосервісних підприємств.

Для проектування моделі системи управління якістю АСП визначаються суттєві параметри окремих технологічних процесів, які є вхідними для вищого рівня, на якому визначається якість виконаних робіт на АСП в цілому. А вихідні параметри по якості виконаних робіт на АСП стають вхідними параметрами для рівня, на якому визначається якість автосервісних послуг мережі в регіоні.

Визначено 19 параметрів, які характеризують систему АСП, автомобіль, середовище та дозволяють встановлювати рівень якості послуг на АСП. Наступним кроком дослідження є розрахунок ваги кожного з обраних параметрів та визначення комбінації параметрів, які забезпечать найвищу якість виконуваних послуг на АСП.

Найбільш ефективними способами підвищення якості послуг АСП є:

- контроль якості технологічних процесів;
- застосування нових технологій;
- підвищення кваліфікації персоналу;
- створення системи управління якістю.

Вітчизняними та зарубіжними вченими досліджено і отримано вагомі результати з широкого кола окремих аспектів проблеми. Але на цей час відсутні

комплексні дослідження системи автосервісу, які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи та інженерні методики оцінки якості як технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів, так і АСП в цілому.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОСЕСІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ

2.1 Системний підхід як метод дослідження

Методологічною основою оцінювання та вибору способів підвищення якості виконання технологічних процесів в системі автосервісу є системний підхід. Він дуже широко використовується при проведенні досліджень як на стадії проектування, так і в процесі функціонування АСП.

Системний підхід – це набір методологічних принципів та правил системних досліджень, на якому базуються загальна теорія і системний аналіз.

Загальна теорія систем [120, 121] вивчає можливі типи і види систем з характерними для них специфічними властивостями. Таким чином дослідження та вивчення реальних об'єктів є конкретним додатком до загальної теорії систем.

Системний аналіз передбачає виявлення сукупності специфічних методів, які можливо застосовувати для обґрунтування рішень складних задач, що виникають в практичній і теоретичній діяльності. Основою методології системного аналізу є операція кількісного порівняння альтернатив, що виконується, з метою вибору альтернативи, яка підлягає реалізації [122, 123, 124, 125, 126, 127, 128].

Застосування системних принципів в дослідженні базується на виділенні системи із середовища та визначенні сукупності елементів, що пов'язані між собою та утворюють цілісність системи [119, 129, 130].

Основою системних досліджень є виявлення різносторонності зв'язків та відношень, що знаходяться як всередині досліджуваного об'єкту, так і в його зовнішньому оточенні [131, 132]. Велика кількість елементів, зв'язків і відношень об'єкту як системи обумовлює складність та ієрархічну будову системи. Вона повинна упорядковувати послідовність різних компонентів та рівнів взаємозв'язку між ними.

Дослідження систем транспортної галузі за допомогою системного підходу проводили такі вчені, як Дмитриченко М. Ф. [127] Кузнецов Є.С. [133], Марков О. Д. [134] Петроченков С. Н. [135], Ряховский А.А. [136], Костьян Н.Л. [137]. Системний підхід, як методологічний напрямок наукового пізнання, використовувався в роботах Варенко В. М., Братусь І. В., Дорошенко В. С., Смольнікова Ю. Б., Юрченка В. О. під час аналізу інформаційних процесів і явищ для прийняття ефективного управлінського рішення [139]; Юськів Б.М., Юськів В.М. для аналізу внутрішнього потенціалу підприємства автосервісу в рамках «логістичного трикутника» [6]; Г.Б. Безбородової та В.Г. Галушко, І.А Шльончак, А.П. Солтус при дослідженні закономірностей руху автомобіля [140, 141, 142]; Безродної С. М. при управлінні якістю на рівні галузевого, регіонального та національного простору країни [57]; А.І. Рябчинського, О.А. Тригуб при дослідженні питань пасивної безпеки [143, 144]. Значні переваги системного підходу при діагностуванні технічного стану автомобіля відмічаються в роботах А.В.Серова, О.А. Тригуб [145, 146].

З використанням системного підходу проводились дослідження для оптимізації виробничої структури автосервісу [147, 148].

Однак в попередніх дослідженнях не використовувався підхід до представлення досліджуваної системи автосервісу в системних об'єктах, який побудований на виділенні основних процесів системи за цільовими функціями, визначенні основних функціональних елементів, зворотних зв'язків як параметрів управління процесами та зв'язків з середовищем.

Відповідно до [149] основним критерієм віднесення елемента до системи є його участь в процесах системи. Для того, щоб визначити взаємозв'язки між елементами та дослідити властивості системи, необхідно представити її системних об'єктах.

Під системними об'єктами розуміють входи, процеси, виходи, зворотній зв'язок та обмеження.

В роботах [72, 150, 151, 152, 153] для оцінки якості виконання технологічних процесів в системі автосервісу запропоновано досліджувати мікро- макро- та мета- рівні системи за допомогою системних об'єктів.

2.2 Структура системи автосервісу та загальний алгоритм оцінювання якості технологічних процесів на окремих ієрархічних рівнях

Методологія оцінювання якості системи автосервісу базується на оцінці якості виконання технологічних процесів на мікро-, макро- та мета- рівнях системи автосервісу (рис.2.1) [64]:

- 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. Параметри поділяються на ті, що підлягають коригуванню та незмінні.

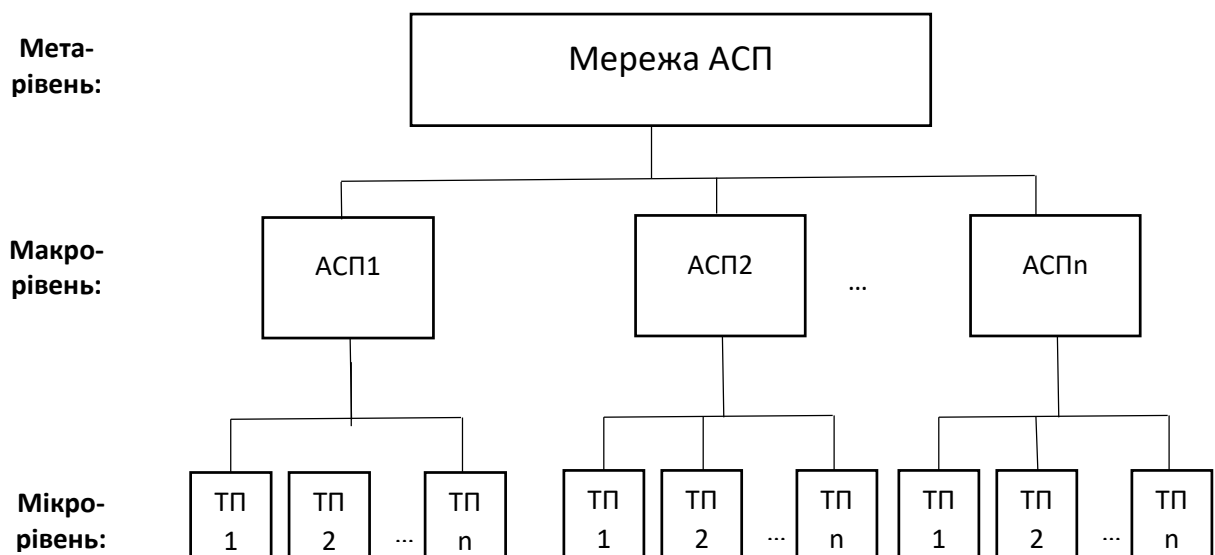


Рис. 2.1. Основні рівні системи автосервісу

Вихідні параметри кожної системи потрапляють на вхід блоку керування параметрами системи більш високого рівня та використовуються для аналізу та прогнозування її розвитку.

При коригуванні змінних параметрів моделі доречно використовувати вихідні параметри нижчих рівнів (рис.2.2).

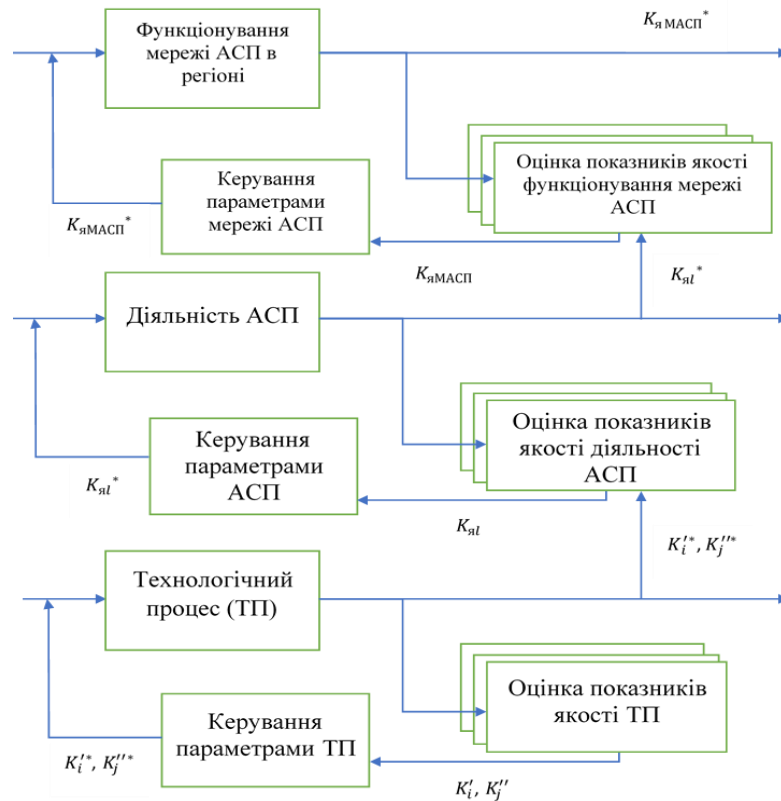


Рис. 2.2. Трирівнева модель функціонування системи автосервісу

Кожен рівень відповідає підсистемі управління якістю [65]. Тобто, мікрорівень – оцінці якості окремого технологічного процесу; макрорівень – оцінці якості виконуваних послуг на окремому АСП, враховуючи ТЗ та середовище; метарівень – оцінці рівня якості функціонування окремо взятої мережі. Тому необхідно розробити функціональні моделі для кожного рівня системи.

2.3 Формування моделі системи автосервісу на макрорівні

За допомогою системних об'єктів моделей стає можливим наглядно відобразити всі фактори, що впливають на кожну підсистему та коригувати

якість їх функціонування. Так як макрорівень системи автосервісу враховує параметри, що описують АСП, ТЗ та середовище, а функціональна модель мікрорівня буде декомпозицією певного процесу макрорівня, то спочатку необхідно дослідити роботу окремого АСП.

В процесі дослідження роботи автосервісних підприємств [150] було виділено основні процеси на різних рівнях функціонування (**A, B, C, 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 (рис.2.3). Кожен рівень функціонування має своє цільове призначення. Рівні **A, C, E, G** відповідають за виконання процесів, а **B, D, F, H** – за їх вдосконалення.

Перед плануванням та забезпеченням діяльності АСП необхідно провести певний аналіз вхідних даних на рівні **A**: Провести аналіз ISO 9000:2015, ISO 9001:2015 – Система менеджменту якості. Основні положення та вимоги. ISO 19011:2011 – Рекомендації щодо проведення аудиту систем менеджменту (Env1). Для формування настанови з якості (НЯ) для конкретного АСП необхідно: визначити розмір інвестиційних фондів та прибутку, які можна задіяти для фінансування діяльності (розвитку) АСП (Env2); визначитись з віковими групами транспортних засобів регіону, що будуть обслуговуватись (цю інформацію отримують з регіонального сервісного центру) (Env3); проаналізувати найчастіші пошкодження автомобілів (статистичні данні, дані мобільних додатків та система діагностування V2I) (Env4), розрахувати оптимальні витрати матеріальних та енергетичних ресурсів (Env5).

Тобто вхідними даними для процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП» є: статистичні данні, отримані з регіонального сервісного центру (РЦС Stat); результати моніторингу засобами V2I та мобільних додатків; дані з ISO 9000:2015, ISO 9001:2015, ISO 19011:2011; фінансові ресурси (FRes); статистичні дані витрат запасних частин (ЗЧ) та механічної енергії (ЕМ) за попередній період.

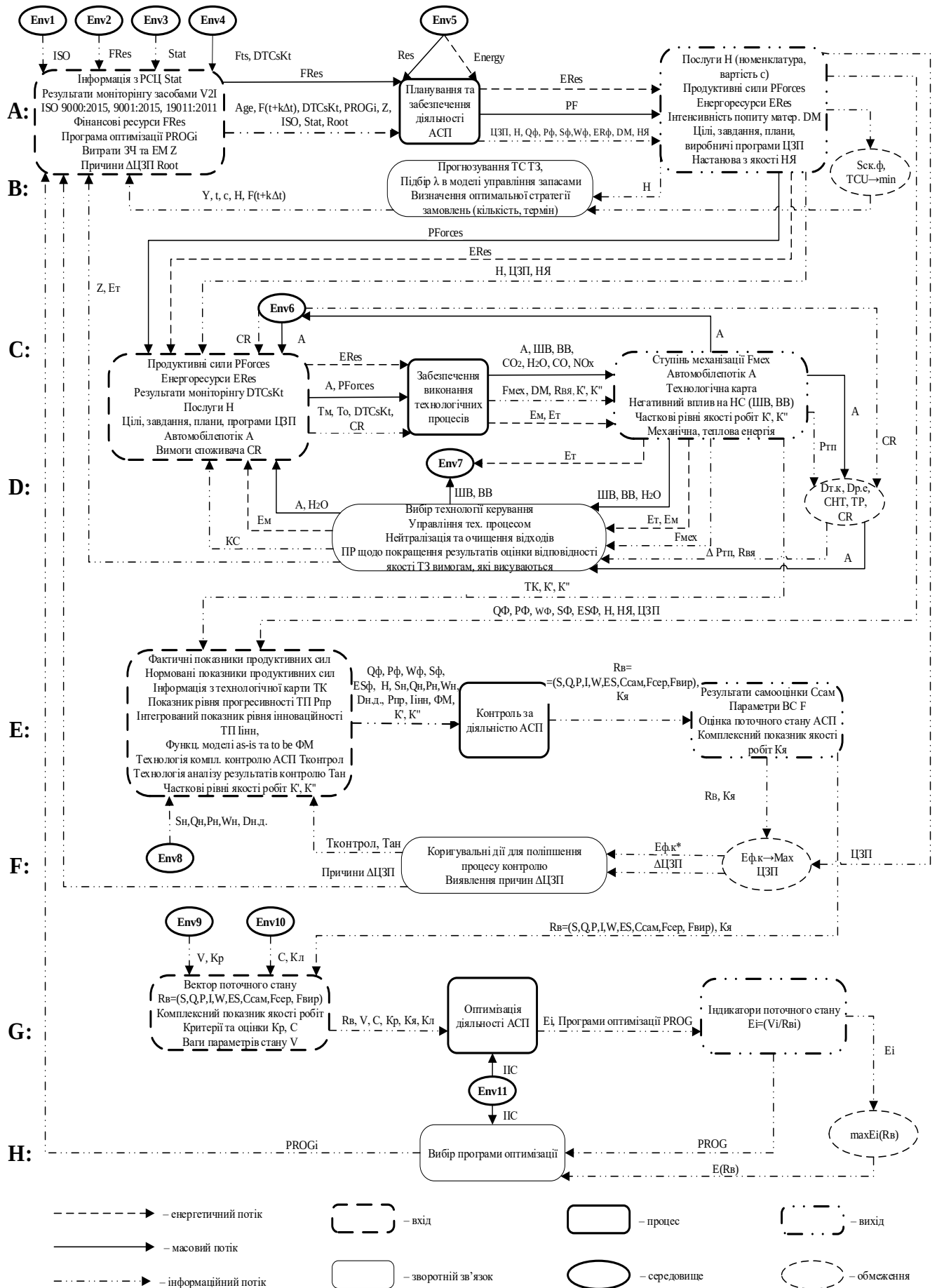


Рис. 2.3. Структура моделі системи автосервісу на макрорівні

На основі вхідних даних починається процес «Планування та забезпечення діяльності АСП», який повинен визначати необхідні ресурси продуктивних сил (трудові, матеріальні ресурси та ін.) (Res) та енергетичними ресурсами (Energy), що формуються в зовнішньому середовищі (Env5).

В результаті процесу рівня **A** 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, що пропонуються клієнтам АСП (H), прогнозується кількість устаткування (Qф), кількість персоналу (Рф), необхідні площі (Sф), кількість матеріальних ресурсів (Тнаяв), обсяг енергетичних ресурсів (ERф), інтенсивність попиту матеріалів (DM), що планується використовувати при виконанні технологічних процесів.

В результаті акумулювання вихідних потоків отримуємо 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 **B** відбувається перевірка обмежень та формується зворотний зв'язок для оптимізації процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП». Тут перевіряється, щоб значення розрахованої площі складських приміщень не перевищувало фактичної площі складських приміщень (Sск.ф), та проводиться контроль, щоб загальні витрати на придбання та зберігання запасних частин (ЗЧ) та експлуатаційних матеріалів (ЕМ) прагнули до мінімуму ($TCU \rightarrow \min$).

Після перевірки обмежень на рівні **B** формуються функції прогнозування технічного стану (ТС) транспортних засобів (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 **C** відбувається процес «Забезпечення виконання технологічних процесів». Вхідними даними для нього 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 (Тм) та визначення загальної трудомісткості всіх операцій виробничого процесу (То)), цілі, завдання, плани, виробничі програми (ЦЗП), автомобілепотік (А), 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 (Fмех), автомобілепотік (А), 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).

На рівні **D** відбувається перевірка наявності необхідної технологічно-конструкторської документації (Dt.k), кількості керівництв по ремонту та експлуатації марок автомобілів, що обслуговуються (Dr.e), наявності сучасних новітніх технологій (СНТ) у виробничому процесі АСП, дотримання технічних регламентів (ТР), врахування вимог споживача (CR), 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 (ΔP_{TP}) 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 (Рвя) приймаються рішення щодо покращення результатів оцінки відповідності

якості ТЗ вимогам, які висуваються. 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 вхідні дані рівня С та інформація про додаткові витрати запасних частин (Z) і використання теплової енергії (Et) на рівень 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 вхідні дані 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 (Рпр), інтегрований показник рівня інноваційності технологічного процесу (Іінн), функціональні моделі «as-is» та «to be», часткові рівні якості робіт (K' та K"). На основі вхідних даних виконується процес «Контроль за діяльністю АСП». Після виконання даного процесу формуються вихідні дані. Це результати самооцінки АСП (Ссам), 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 А. Після визначення відхилень від цілей та завдань ($\Delta ЦЗП$) 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 А. Інформація про технологію проведення комплексного контролю за діяльністю АСП (Тконтрол) та технологію аналізу результатів контролю (Тан) передають на вхідні дані рівня Е. Після повторного проведення контролю за діяльністю АСП формуються вихідні дані щодо вектору поточного стану (R_v) та комплексного показника якості виконаних послуг (Кя), які передаються на рівень Г.

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

- вектор поточного стану $R_v = (S, Q, P, I, W, ES, C_{сам}, F_{сер}, F_{вир})$, 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 наявної 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 [64];
- комплексний показник якості робіт (Кя);
- споживчі критерії і виробничі критерії (K_p) та вектор вагів параметрів стану V [155], 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, $E_i = (V_i / R_{vi})$ – i -й індикатор поточного стану, де V_i – вага i -го параметру поточного стану, R_{vi} – значення i -го параметру поточного стану [155].

На рівні Н відбувається визначення максимального значення з індикаторів поточного стану $\max E_i(R_v)$ та з множини програм оптимізації (PROG – програми, що стосуються кожного параметру з вектору поточного стану АСП),

й обирається, яка стосується параметра з найбільшим значенням індикатора E_i . Вибір програми оптимізації та сам процес «Оптимізація діяльності АСП» керуються ззовні ($Env11$) за допомогою інтелектуальної інформаційної система (ПС). Інформаційний потік з вибраною програмою оптимізації поступає на вхід рівня А. Таким чином забезпечується постійне вдосконалення виробничого процесу автосервісного підприємства.

2.4 Формування моделі системи автосервісу на мікрорівні

Для детального опису процесу виконання технологічних процесів на АСП було виконано декомпозицію рівня D моделі в системних об'єктах автосервісного підприємства, який відповідає за оптимізацію процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів» [152]. Основними елементами даної моделі є вхідні, вихідні дані, які формуються з енергетичного, інформаційного та масового потоків, середовища, процеси, обмеження, а також зворотні зв'язки, що забезпечують оптимізацію виконання технологічних процесів в моделі системних об'єктів (рис.2.4).

Вхідні потоки формуються з $Env3$ – середовища, що відповідає за інформацію з регіонального сервісного центру, яка характеризує транспортні засоби у певному регіоні, $Env4$ – середовища, що відповідає за інформацію, яка поступає з дистанційної системи діагностування V2I та мобільних додатків, $Env5$ – середовища, що відповідає за матеріальні та енергетичні ресурси, $Env6$ – середовища, що відповідає за автомобілепотік для обслуговування на АСП.

Для вхідних та вихідних даних було застосовано наступні скорочення:

PF orces – продуктивні сили (засоби праці, предмети праці, персонал);

E nergy – електроенергія;

Res – ресурси, що увійдуть до складу продуктивних сил (трудові, матеріальні ресурси та ін.);

E Res – енергоресурси;

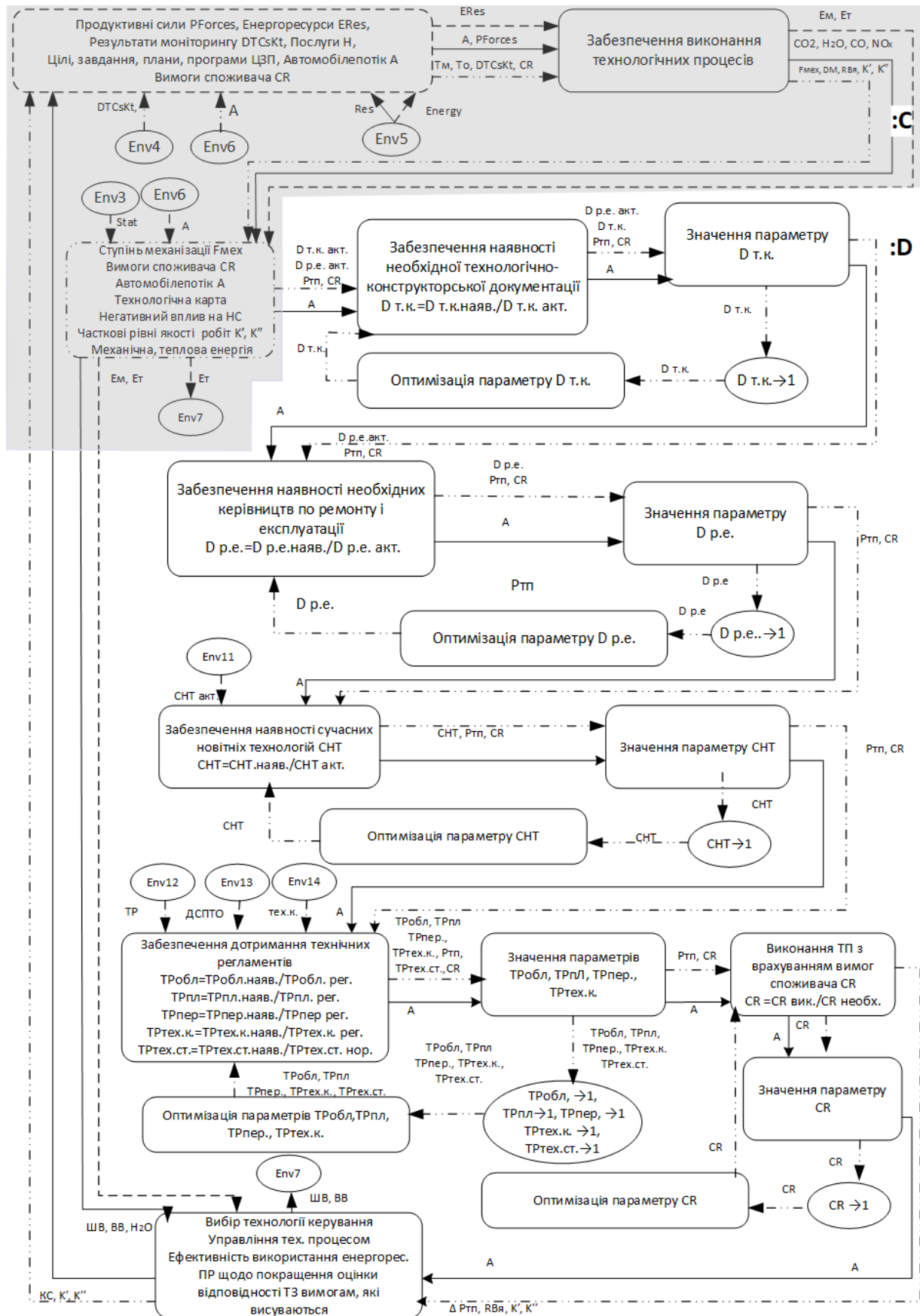


Рис. 2.4. Структура моделі системи автосервісу на мікрорівні

DTCsKt – коди несправностей з системи V2I та інформація з мобільних додатків;

H – інформація про послуги, що надаються АСП (номенклатура, вартість та ін.);

ЦЗП – цілі, завдання щодо функціонування АСП, плани, виробничі програми;

A – автомобілепотік, що поступає на обслуговування в АСП;

CR – вимоги споживача;

T_м – трудомісткість механізованих операцій виробничого процесу;

T_о – загальна трудомісткість всіх операцій виробничого процесу;

E_м – механічна енергія;

E_т – теплова енергія;

F_{мех} – ступінь механізації виробничого процесу;

DM – інтенсивність попиту матеріалів;

R_{вя} – результати оцінки відповідності якості ТЗ до вимог споживачів, технічних умов, технічних регламентів, нормативної документації та т. п.;

K' – частковий показник рівня якості робіт, що виконано відповідно до вимог нормативно-технічної документації і було здано до ВТК;

K'' – частковий показник рівня якості виконаних робіт, який визначено як мінімальний з коефіцієнтів схвальних оцінок замовників послуг;

Stat – статистичні данні, отримані з регіонального сервісного центру;

R_{тп} – параметри технологічного процесу;

TR_{обл.наяв.} – кількість наявного обладнання;

TR_{обл.рег.} – кількість регламентованого технічним регламентом обладнання;

TR_{пл.наяв.} – кількісне значення площі підприємства;

TR_{пл.рег.} – регламентоване значення технічним регламентом площ підприємства;

TR_{пер.наяв.} – кількість персоналу на підприємстві;

$TR_{\text{пер.рег.}}$ — регламентована кількість технічним регламентом персоналу на підприємстві;

$TR_{\text{тех.к.наяв.}}$ — кількість технологічних карт на підприємстві;

$TR_{\text{тех.к.рег.}}$ — регламентована кількість технічним регламентом технологічних карт на підприємстві;

$TR_{\text{тех.ст.наяв.}}$ — технічний стан автомобіля, що пройшов обслуговування або ремонт;

$TR_{\text{тех.ст.нор.}}$ — технічний стан автомобіля, відповідно до нормативних вимог.

Оптимізація виконання технологічних процесів забезпечується аналізом основних параметрів, які характеризують процес «Забезпечення виконання технологічних процесів». Це відбувається за допомогою порівняння наявної технологічно-конструкторської документації $D_{\text{т.к.наяв.}}$ з необхідною $D_{\text{т.к.акт.}}$ (актуальною), наявних керівництв по ремонту та експлуатації марок автомобілів $D_{\text{р.е.наяв.}}$ з необхідними $D_{\text{р.е.акт.}}$ (актуальними), що відповідає більшій кількості марок автомобілів, які зареєстровані в області.

Також постійно контролюється наявність сучасних новітніх технологій (СНТ) для виконання послуг, що пропонуються. Проводиться перевірка дотримання технічного регламенту (ТР), врахування вимог споживачів (СР), які надходять з зовнішнього середовища.

Визначивши всі невідповідності на кожному етапі порівняння відбувається зворотний зв'язок, який має на меті оптимізувати процес «Забезпечення виконання технологічних процесів».

Для визначення обмежень кількості технологічно-конструкторської документації та керівництв по ремонту та експлуатації актуальних марок необхідно проаналізувати кількість та марочність автомобілів, які зареєстровані в регіональному сервісному центрі та поступають з середовища $Env3$. Це можна зробити за допомогою сайту Головного сервісного центру МВС [1].

Кожен рік необхідно моніторити інформацію та корегувати марочність автомобілів, що обслуговуються, згідно вимог споживачів, та формуються з автомобілепотоку A в середовищі $Env6$.

Для забезпечення сучасних новітніх технологій на підприємстві необхідно приймати участь у виставках та аналізувати наукові розробки, пов'язані з системою автосервісу. Рівень застосування сучасних новітніх технологій перевіряється порівнянням наявних сучасних технологій $СНТ_{наяв.}$ в технологічних процесах підприємства з кількістю актуальних $СНТ_{акт.}$, інформація про які надходить з $Env11$. Якщо значення $СНТ < 1$, то необхідно впроваджувати нові технології.

Наступним етапом є перевірка дотримання технічного регламенту. В даному випадку – це перевірка дотримання вимог постанови «Про затвердження Технічного регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» від 03.07.2013. В даній постанові визначено характеристики процесу виробництва, а також вимоги до послуг, включаючи відповідні положення, дотримання яких є обов'язковим.

Згідно даного технічного регламенту ($Env12$) необхідно контролювати: вимоги технічного регламенту щодо обладнання $ТР_{обл.}$; вимоги технічного регламенту щодо площ підприємства $ТР_{пл.}$; вимоги технічного регламенту щодо персоналу $ТР_{пер.}$, формування яких регламентується державним стандартом професійно-технологічної освіти ($Env13$); вимоги технічного регламенту щодо технологічних карт $ТР_{тех.к.}$, формування яких продиктовано заводами-виробниками автомобілів, та запасних частин ($Env14$); вимоги технічного регламенту щодо технічного стану транспортного засобу $ТР_{тех.ст.}$, який обслуговувався на АСП.

Врахування вимог споживача відображає міру відповідності виконаних технологічних операцій $СR_{вик.}$ до необхідних $СR_{необх.}$ для того, щоб виконати послугу в повній мірі.

Після визначення значень всіх параметрів приймається рішення про вибір технології керування виробництвом та управління технологічним процесом, приймається рішення щодо покращення результатів оцінки відповідності якості транспортних засобів вимогам, які висуваються.

Вибір технології керування виробництвом означає прийняття рішення, яким способом якісно виконати всі операції технологічного процесу. Дане рішення виконується за допомогою засобів механізації або автоматизації управління.

До засобів механізації відноситься комплекс технічних засобів (КТЗ) - оргтехніка (засоби складання текстових документів; засоби копіювання і розмноження документів; засоби обробки документів; засоби збереження, пошуку і транспортування документів; засоби адміністративно-виробничого зв'язку і сигналізації; спеціальні офісні меблі й устаткування для службових приміщень). КТЗ особливо важливий при отриманні, збереженні, переробці та передачі інформації.

До засобів автоматизації відносять системи автоматизованої обробки інформації (САОІ), за допомогою яких стає можливим керування в умовах централізованої і децентралізованої обробки даних. Це дозволить керівнику оперативно усувати можливі помилки і вчасно приймати ефективні управлінські рішення.

Після вибору технології керування відбувається управління технологічним процесом. Це зміна виконання технологічних операцій для забезпечення виконання технологічного процесу в повній мірі, враховуючи всі характеристики підприємства. Існує три види управління технологічним процесом:

- ручне управління – всі функції управління виконує людина-оператор;
- автоматизоване управління – частину функцій виконує людина, а іншу частину – автоматичні пристрої;
- автоматичне управління – всі функції керування виконують автоматичні пристрої.

В системі автосервісу можливо використовувати тільки ручне або автоматизоване управління, оскільки велика частина робіт залежить від людини.

Автоматизована система управління технологічними процесами – сукупність апаратно-програмних засобів, що здійснюють контроль і керування виробничими й технологічними процесами, підтримуючи зворотний зв’язок і активно впливаючи на хід процесу при відхиленні його від заданих параметрів, забезпечуючи регулювання й оптимізацію керованого процесу [156, 157, 158].

Основні функції, виконувані подібними системами, – контроль і керування, обмін даними, обробка, збір та зберігання інформації, формування сигналів тривоги, побудова графіків і звітів.

Далі відбувається циклічний контроль виконання технологічних процесів.

Завдяки циклічному контролю виконання технологічних процесів та вдосконалення рівня якості виконуваних послуг стає можливим вчасно реагувати на зміни зовнішнього середовища.

2.5 Формування моделі системи автосервісу на метарівні

Метарівень системи автосервісу описується функціональною моделлю мережі автосервісних підприємств (МАСП) та містить 4 основні підпроцеси: «Планування діяльності та розвитку МАСП», «Забезпечення та організація функціонування МАСП», «Контроль функціонування МАСП», «Аналіз та оптимізація МАСП». Кожен процес функціональної моделі має два рівні. На першому рівні визначено вхідні та вихідні параметри, а на другому – наявні обмеження та зворотні зв’язки, що спрямовано на входи процесів верхніх рівнів та відповідають за їх корекцію та оптимізацію.

На рис. 2.5 наведено функціональну модель мережі автосервісних підприємств, що складається з восьми рівнів А-Н.

З інвестиційних фондів (Env1) (рис. 2.5) на вхід процесу рівня А «Планування діяльності та розвитку МАСП» надходять інвестиції I_n , що забезпечують додаткову фінансову підтримку розвитку МАСП. З регіонального сервісного центру (РСЦ) та обласної служби управління статистикою (ОСУС) (Env2) надходить інформація, що характеризує транспортні засоби у певному

регіоні (вік та структура парку автомобілів) і середовище функціонування мережі.

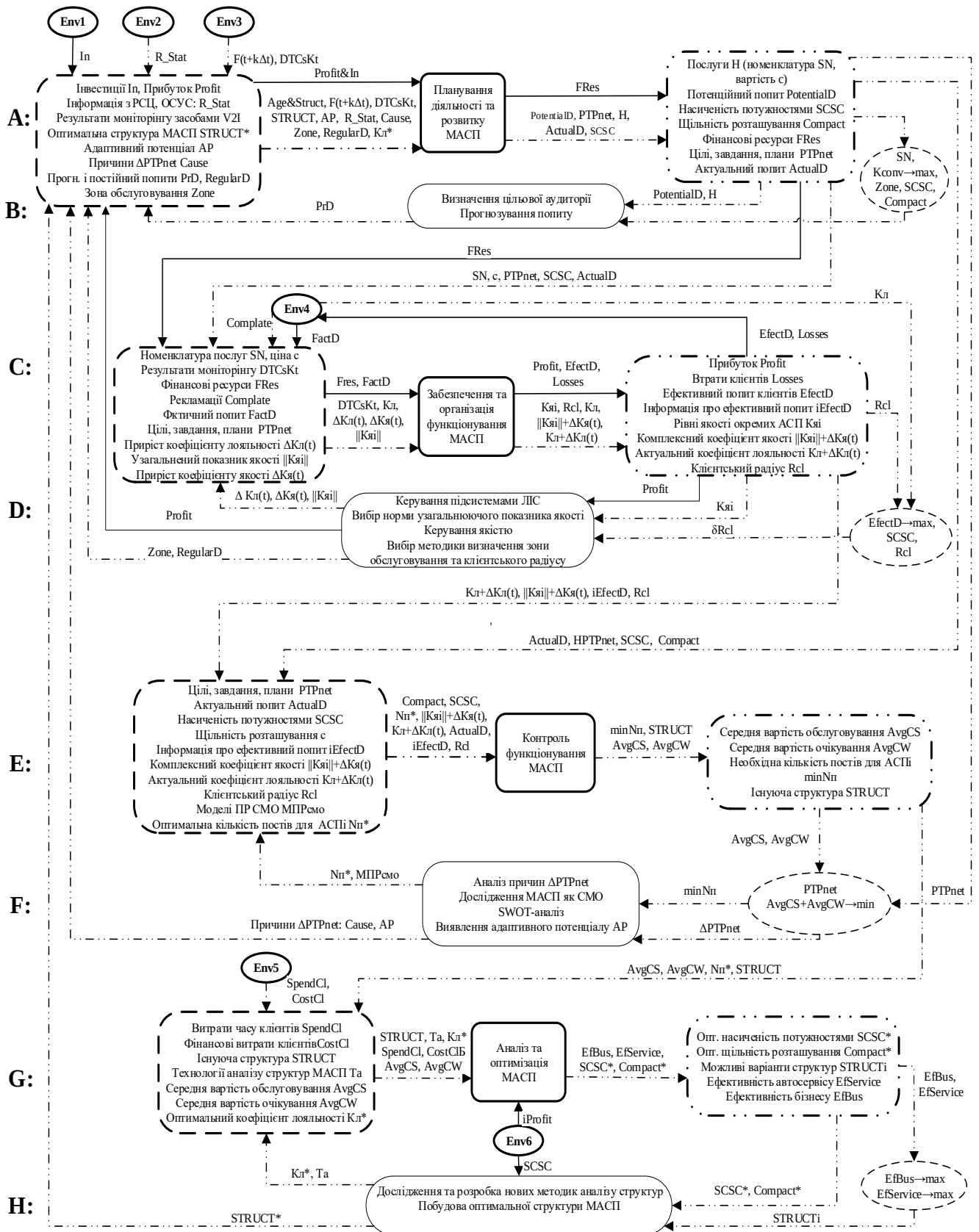


Рис. 2.5. Структура моделі системи автосервісу на метарівні

З дистанційної системи діагностування V2I та мобільних додатків (МД) (Env3) передається інформація щодо прогнозованого стану транспортних засобів в зоні обслуговування та коди несправностей, що впливають на формування номенклатури пропонованих послуг.

З отриманих фінансових та інформаційних ресурсів формується база вхідних даних рівня А:

- інвестиції In, прибуток Profit;
- інформація з РСЦ та ОСУС: R_Stat: Age&Struct;
- результати моніторингу засобами V2I та МД: коди несправностей DTCsKt та прогнозовані параметри технічного стану (ТС) автомобіля $F(t+k\Delta t)$;
- існуюча структура МАСП. STRUCT.

Вихідними потоками даного процесу являються сумарний потік, який характеризує фінансові ресурси FRes та інформаційний потік, що утворено з наступних складових:

- PotentialD (potential demand) – потенційний попит на автосервісні послуги. Формується на основі аналізу вікових категорій та структури парку автомобілів, які зареєстровано в зоні функціонування МАСП, а також враховує середній дохід власників ТЗ;

- PTPnet (purposes, tasks, plans) – комплекс стратегічних цілей, завдань та планів щодо функціонування та розвитку мережі. Під час розробки даного комплексу враховуються виявлені на рівнях F причини відхилень від цілей, завдань та планів попередніх періодів та іншу актуальну інформацію;

- Н – інформація про послуги, що пропонуються МАСП, зокрема номенклатура послуг SN та їх вартість с. Визначають, базуючись на результатах моніторингу засобами V2I та мобільних додатків, а також на основі аналізу, структури та вікових категорій автопарку;

- SCSC (saturation of car service capacity) – насиченість потужностями автосервісу, що визначається за існуючою структурою мережі.

Вихідні потоки формують базу вихідних даних процесу «Планування діяльності та розвитку МАСП».

В межах процесів А-В визначаються три сукупності клієнтів, що характеризують потенційний, прогнозований та актуальний попити. Потенційний попит формується з генеральної сукупності. Інші дві множини визначаються, виходячи з попередніх відповідно, враховуючи додаткову інформацію та відповідний коефіцієнт конверсії K_{conv} . Так, для виокремлення потенційного попиту з генеральної сукупності виключається ймовірна частка власників ТЗ, що зареєстровані в зоні обслуговування, але насправді знаходяться на інших територіях.

Відповідний коефіцієнт конверсії розраховується як відношення можливої кількості клієнтів до генеральної сукупності [159] та характеризує кількість потенційних клієнтів МАСП.

На основі статистичних даних, що характеризують потенційний попит, визначається цільова аудиторія мережі автосервісу та здійснюється прогнозування попиту на пропоновані послуги. Прогнозування здійснюється з врахуванням зони обслуговування *Zone (coverage)* – зони дії МАСП, насиченості потужностями SCSC та щільності розташування пунктів автосервісу *Contract*. Коефіцієнт конверсії повинен прагнути до максимуму ($K_{conv} \rightarrow \max$). Зона обслуговування – це територія, яка обмежена лінією, проведеною по межі ділянки, що утворюється нанесенням на карту адрес існуючих клієнтів [159].

Інформація щодо прогнозованого попиту з рівня В передається на вхід процесу «Планування діяльності та розвитку МАСП», тим самим забезпечується уточнення рівня попиту на автосервісні послуги МАСП. З інших рівнів на вхід А поступають актуальні дані про кількість постійних клієнтів та розраховане значення коефіцієнту лояльності, що є оптимальним для ведення бізнесу та підтримки бажаного рівня автосервісу у визначеній зоні обслуговування. Враховуючи дану інформацію прогнозований попит уточняється до актуального в заданих умовах.

Таким чином, сформовані фінансові ресурси, що складаються з інвестицій та прибутку, отриманого за попередній звітний період, та інформаційний потік, що утворено з даних про послуги, стратегічні цілі, завдання, плани, існуючий

рівень насиченості потужностями автосервісу в зоні обслуговування та актуальний попит на послуги, потрапляють на рівень С процесу «Забезпечення та організація функціонування МАСП». З середовища (Env4) на вхід процесу рівня С поступає фактичний автомобілепотік, який визначає фактичний попит на послуги. Від клієнтів можуть надходити скарги, які впливатимуть на розрахунок коефіцієнту їх лояльності.

На виході процесу С фактичний попит розподіляється на дві складові: ефективний попит $EfectD$ (характеризує клієнтів, яких було обслуговано) та втрати клієнтів $Losses$, яким за певних причин було відмовлено в обслуговуванні. До складу масового вихідного потоку входить прибуток $Profit$, розподіл якого здійснюється в межах логістичної інформаційної системи (ЛІС).

В середині процесу «Забезпечення та організація функціонування МАСП» формується інформація про рівні якості окремих АСП Кяі, що входять до складу мережі, рівень лояльності клієнтів Кл та визначається клієнтський радіус R_{cl} . В межах даного дослідження пропонується розраховувати коефіцієнт лояльності як відношення середнього рівня фактичного попиту до середнього значення рівня актуального. Середні значення відповідних рівнів визначають за один і той самий період.

Для розрахунку узагальненого показника якості всієї МАСП, в якості норми $||K_{яі}||$, пропонується обирати мінімальне або середнє значення елементів вектору, що складається з рівнів якості окремих АСП. В межах процесу рівня D здійснюється керування підсистемами ЛІС та керування якістю, що спрямовано на утримання клієнтів, підвищення їх лояльності та закріплення їх в якості постійних. Процеси керування проводяться з урахуванням рівня насиченості потужностями SCSC в межах клієнтського радіусу R_{cl} . За цільову функцію процесів керування обрано ефективний попит, що прагне до максимуму $EfectD \rightarrow \max$. Результатом керування якістю є приріст узагальненого коефіцієнту якості $\Delta K_{я}(t)$ та, як слідство, приріст коефіцієнту лояльності клієнтів $\Delta K_{л}(t)$. Зазначені прирости спрямовуються на вхід рівня С для уточнення актуальних показників якості та лояльності клієнтів. Уточнені значення

узагальненого рівня якості $\|K_{яi}\| + \Delta K_{я}(t)$ та коефіцієнту лояльності $K_{л} + \Delta K_{л}(t)$ є функціями, що залежать від часу та оперативно передаються на вхід «Контроль функціонування МАСП» процесу рівня Е. Зворотний зв'язок від рівня D до рівня А забезпечує передачу оновленої інформації про зону обслуговування Zone та постійних клієнтів, що характеризує постійний попит RegularD на автосервісні послуги.

В процесі вибору методу визначення актуальної в часі зони необхідно врахувати, що клієнтський радіус визначається з похибкою δR_{cl} , яка впливає на результати наступних розрахунків.

Таким чином, вхідний масив процесу «Контроль функціонування МАСП» рівня Е містить наступні параметри:

- $\|K_{яi}\| + \Delta K_{я}(t)$ – уточнене значення комплексного показника якості МАСП;
- $K_{л} + \Delta K_{л}(t)$ – актуальне в часі значення коефіцієнту лояльності клієнтів МАСП;
- R_{cl} – уточнене значення клієнтського радіусу з врахуванням похибки;
- $iEffectD$ – інформацію про ефективний попит МАСП;
- параметри, що надходять з виходу процесу А: актуальний попит ActualD, стратегічні цілі, завдання, плани RTPnet, рівень насиченості потужностями SCSC та щільність розташування автосервісу Comprac в межах клієнтського радіусу.

На основі інформації про ефективний попит МАСП та параметри його структури визначається мінімально необхідна потужність МАСП (кількість постів $minN_{п}$), яка у загальному випадку не є оптимальним показником. На основі визначеного комплексного показника якості розраховується середня вартість обслуговування в одиницю часу AvgCS (average cost service) та середня вартість очікування в одиницю часу AvgCW (average cost waiting), що характеризують потенційні втрати МАСП. Таким чином, мережа розглядається як система масового обслуговування, для якої будуються моделі прийняття рішень МПРсмо, зокрема модель із вартісними характеристиками та модель пріоритетного рівня обслуговування. Прагнення даних показників до мінімуму визначає обмеження на оптимізацію СМО ($AvgCS \rightarrow \min$, $AvgCW \rightarrow \min$). На

даному рівні можна використовувати інші моделі для аналізу параметрів системи, що враховують питомі приведені витрати [160]. Застосовуючи обрану модель можна розрахувати оптимальне значення кількості постів в мережі. Результат розрахунку спрямовується на вхід рівня Е та використовується в підпроцесі «Контроль функціонування МАСП» для визначення попередньої структури мережі, що передається на вхід рівня G.

Іншою підфункцією рівня F є визначення та аналіз параметру Cause – причини відхилень (ΔPTP_{net}) від стратегічної мети, задач та стратегічних планів. Визначені причини відхилень повертаються на вхід рівня А та використовуються на коригування комплексу стратегічних цілей, завдань та планів.

Комплексний аналіз роботи МАСП на рівнях Е та F дозволяє виявити адаптивний потенціал (AP) – систему характеристик, що визначають ефективність адаптації до змін середовища та ймовірність збереження конкурентоспроможності. До AP пропонується відносити наступні показники: самооцінка, стійкість до зовнішніх впливів (політичних, економічних, соціальних), рівень конкурентоспроможності, орієнтація на виконання прийнятих вимог та нормативів щодо показників, які впливають на якість виконання послуг. Конкурентоспроможність мережі оцінюється на основі SWOT-аналізу. Виявлений адаптивний потенціал також враховується для коригування стратегічних цілей та завдань на рівні А.

Наступним підпроцесом функціональної моделі є процес «Аналіз та оптимізація МАСП». Елемент середовища Env5 відображає взаємодію клієнтів з МАСП. Із середовища на вхід процесу рівня G поступає комплекс (пакет) статистичної інформації про витрати часу (SpendCl) та фінансові витрати (CostCl) клієнтів, що об'єктивно виникають в процесі їх звернення до МАСП. З виходу процесу рівня Е в масив вхідних даних рівня G поступає інформація щодо наступних параметрів:

- AvgCS – середня вартість обслуговування в одиницю часу;
- AvgCW – середня вартість очікування в одиницю часу;

- STRUCT – структура мережі, що враховує оптимальну потужність МАСП ($N_{п*}$).

На основі вхідних даних в середні процесу «Аналіз та оптимізація МАСП» розраховуються оптимальні значення насиченості потужностями SCSC* та щільності розташування автосервісу Compact*, які в подальшому використовуються для визначення оптимального коефіцієнту лояльності. Отримані характеристики дозволяють розрахувати ефективність автосервісу (EfService) та ефективність бізнесу (EfBus).

Однією з функцій підпроцесу оптимізації на рівні Н є дослідження та розробка нових методик та залучення сучасних технологій (Та) для аналізу структур (методи морфологічного аналізу, методи аналізу топологій, алгоритми теорії графів та інше). Обрані методики потрапляють на вхід процесу G. Далі визначаються можливі варіанти структури STRUCTi в межах клієнтського радіусу з накладанням обмежень: $EfBus \rightarrow \max$ та $EfService \rightarrow \max$, за яких визначається оптимальна структура МАСП. Отримана, таким чином вдосконалена, структура спрямовується на перший підпроцес моделі «Планування діяльності та розвитку МАСП».

Елемент середовища Env6 – відображає взаємодію осіб, що приймають рішення, (ОПР) з інтелектуальною інформаційною системою (ІС). З бази даних (БД) ІС до процесу рівня G потрапляє інформація про прибуток за певний період, яка в комплексі з витратами клієнтів використовується для розрахунку ефективності бізнесу та автосервісу. До процесу рівня Н надходить інформація про насиченість потужностями автосервісу з метою подальшої оптимізації. Оптимальне значення рівня насиченості потужностями впливає на вибір оптимальної структури МАСП.

Параметри системи є динамічними змінними, їх значення змінюються в часі, тому можливість оперативного коригування структури МАСП (за наявності відповідного потенціалу та ресурсів) підвищує конкурентоспроможність МАСП та її стійкість до зовнішніх впливів.

2.6 Систематизація морфологічних структур системи автосервісу на макрорівні

Для дослідження різного роду систем багато науковців використовують систематизацію морфологічних структур. В [161] застосовано системний підхід до аналізу конструкції транспортних засобів. В [162] розкривається спосіб побудови морфологічних матриць систем. В [163, 164] розвивається системний підхід до забезпечення оптимального температурного стану транспортного засобу. В [165] розроблено систему критеріїв для оцінювання успішності продукту. Систематизація транспортних засобів використовується в роботах [142, 166].

Макрорівень системи автосервісу є базовим в оцінці якості технологічних процесів системи. З використанням методу морфологічного аналізу систематизуємо можливі морфологічні структури системи автосервісу на макрорівні (рис.2.3).

На цьому рівні основними функціональними елементами системи є:

- автосервісне підприємство;
- автомобіль (транспортні засоби);
- середовище.

Визначимо основні морфологічні ознаки кожного функціонального елемента та можливі варіанти їх реалізації (табл.2.1).

Для функціонального елемента «Автосервісне підприємство» визначено наступні морфологічні ознаки: «Вид АСП», «Потужність», «Рівень забезпеченості площами», «Рівень забезпеченості технологічним обладнанням», «Рівень забезпеченості персоналом», «Рівень забезпеченості матеріальними ресурсами», «Рівень інформаційного забезпечення», «Рівень екологічної безпеки», «Форма організації виробництва».

Для функціонального елемента «Автомобілі» визначено наступні морфологічні ознаки: «Повна маса автомобіля», «Тип енергетичних установок», «Вік автомобіля».

Для функціонального елементу «Середовище» визначено наступні морфологічні ознаки: «Місце локації», «Щільність населення», «Рівень автомобілізації», «Насиченість потужностями», «Рівень логістичного потенціалу», «Коефіцієнт лояльності», «Рівень доходу власників ТЗ».

Використовуючи метод морфологічного (структурного) аналізу [162], сформуємо можливі схеми окремих АСП за вказаними функціональними елементами.

Перший етап морфологічного аналізу передбачає точне формулювання цілей функціонування системи. Для АСП такою ціллю є визначений рівень якості послуг.

Для кожного з функціональних елементів макрорівня системи автосервісу визначено основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл. 2.1.

Типовими видами АСП є [85]:

- Пункт ТО – АСП потужністю 1-2 пости, де виконуються роботи пов'язані з мийкою та заміною мастильних матеріалів.
- Авторемонтна майстерня – АСП потужністю 2-4 пости, де виконується повний перелік робіт по поточному ремонту та ТО, а також обмежений перелік робіт для ТОП марок автомобілів.
- СТО – неавторизовані АСП потужністю 3-35 постів. Основною відмінністю від авторемонтної майстерні є те, що присутня інфраструктура для клієнтів. Виконуються всі види робіт по ремонту та ТО, продаж запасних частин та експлуатаційних матеріалів.
- Авторизовані СТО – АСП потужністю 2-25 постів. Виконуються всі види робіт по ремонту та ТО, гарантійний ремонт, продаж автомобілів, продаж запасних частин та експлуатаційних матеріалів.
- Спеціалізовані СТО – АСП, потужністю 2-8 постів, для обслуговування автомобілів за певним видом робіт.

– Комплексне АСП – АСП, потужністю 2-5 постів, де виконуються обмежений перелік робіт, виконання робіт за аутсорсингом. В складі комплексу для обслуговування клієнтів є готель, ресторан, стоянка для автомобілів.

Таблиця 2.1

Морфологічна матриця системи 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. Безпечний 0,2-0,37	9.2. Постова з спеціалізованим обладнанням 2		11.2. Газобалонні 2								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 безпечний 0,37-0,63	9.3. Дільнично-постова 3	10.2. До 7,5 2	11.3. Електричні & гібридні 3	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											13.3. Великі НП 250-500						
1.5. Спеціалізовані 5	2.5. 9-10 5	3.3. Середній 0,6-0,8	4.3. Високий 0,8-1	5.4. Високий 0,8-1	6.3. Середній 0,6-0,8	7.3. Середній 0,6-0,8	8.4. Безпечний 0,63-0,8	9.4. Індивідуальна 4	10.3. Незалежно від маси 3	11.4. ДВЗ & електричні & гібридні 4	12.3. Незалежно від віку 3	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											13.5. Найзначніші >1000						
		3.4. Високий 0,8-1	4.4. Надлишковий >1	5.5. Надлишковий >1	6.4. Високий 0,8-1	7.4. Високий 0,8-1	8.5. Цілком безпечний 0,8-1						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

Градація кількісних варіантів морфологічних ознак відбувалась відповідно до методів нечітких множин (розділ 3,4) та перевірки їх адекватності в експериментальному дослідженні (розділ 5). Окремі варіанти градації визначались за допомогою експертного методу.

Поєднання окремих варіантів усіх морфологічних ознак формує окрему морфологічну структуру системи автосервісу на макрорівні, яка буде відрізнятися своїми характеристиками. Останні визначають рівень якості виконуваних технологічних процесів.

Позначивши кожен варіант реалізації як параметр x_{ij} , морфологічна формула типової системи автосервісу буде мати вигляд:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{14}; x_{26}; x_{33}; x_{43}; x_{55}; x_{63}; x_{74}; x_{85}; x_{93}) + \\ + (x_{10\ 2}; x_{11\ 4}; x_{12\ 2}) + (x_{13\ 5}; x_{14\ 3}; x_{15\ 3}; x_{16\ 3}; x_{17\ 4}; x_{18\ 4}; x_{19\ 4}) \end{array} \right]. \quad (2.1)$$

Із аналізу (2.1) видно, що АСП належить до авторизованих СТО (x_{14}), з потужністю – 11-12 постів (x_{26}), рівнем забезпеченості площами – середнім (x_{33}), рівнем забезпеченості технологічним обладнанням – високим (x_{43}), рівнем забезпеченості персоналом – надлишковим (x_{55}), рівнем забезпеченості матеріальними ресурсами – середнім (x_{63}), рівнем інформаційного забезпечення – високим (x_{74}), рівнем екологічної безпеки – цілком безпечним (x_{85}), з формою організації виробництва – дільнично-постовою (x_{93}), повною масою автомобілів, що обслуговуються – до 7,5 т. ($x_{10\ 2}$), типом енергетичних установок автомобілів, що обслуговуються – ДВЗ & електричні & гібридні ($x_{11\ 4}$), віком автомобілів, що обслуговуються – до 15 років ($x_{12\ 2}$), місцем локації АСП – найзначніший населений пункт ($x_{13\ 5}$), щільністю населення – високою ($x_{14\ 3}$), рівнем автомобілізації регіону – високим ($x_{15\ 3}$), насиченістю потужностями – високою ($x_{16\ 3}$), рівнем логістичного потенціалу – дуже високим ($x_{17\ 4}$), коефіцієнтом лояльності – дуже високим ($x_{18\ 4}$), рівнем доходу власників ТЗ – високим ($x_{19\ 4}$).

Зі зміною значення будь-якого параметру серед визначених, формується нова схема АСП. Це означає, що за допомогою даного підходу можна охопити розгляд усіх можливих комбінацій параметрів.

Виходячи із поставлених в розділі 1 задач, в дисертаційній роботі досліджуються схеми АСП, морфологічні формули яких мають вигляд:

- пункту ТО

$$\left[\begin{array}{c} (x_{11}; x_{23}; x_{33}; x_{43}; x_{55}; x_{64}; x_{73}; x_{82}; x_{92}) + \\ + (x_{10\ 3}; x_{11\ 4}; x_{12\ 3}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 4}; x_{19\ 1}) \end{array} \right], \quad (2.2)$$

- авто-ремонтної майстерні:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{12}; x_{22}; x_{33}; x_{44}; x_{55}; x_{64}; x_{71}; x_{83}; x_{94}) + \\ + (x_{10\ 1}; x_{11\ 1}; x_{12\ 2}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 3}; x_{19\ 4}) \end{array} \right], \quad (2.3)$$

- станції технічного обслуговування:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{13}; x_{22}; x_{31}; x_{42}; x_{53}; x_{62}; x_{71}; x_{82}; x_{91}) + \\ + (x_{10\ 2}; x_{11\ 1}; x_{12\ 3}) + (x_{13\ 1}; x_{14\ 3}; x_{15\ 1}; x_{16\ 1}; x_{17\ 2}; x_{18\ 2}; x_{19\ 1}) \end{array} \right]. \quad (2.4)$$

- авторизованої станції технічного обслуговування:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{14}; x_{27}; x_{34}; x_{42}; x_{55}; x_{63}; x_{73}; x_{84}; x_{93}) + \\ + (x_{10\ 2}; x_{11\ 4}; x_{12\ 3}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 2}; x_{19\ 3}) \end{array} \right]. \quad (2.5)$$

- спеціалізованого АСП:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{15}; x_{24}; x_{33}; x_{43}; x_{53}; x_{63}; x_{73}; x_{83}; x_{92}) + \\ + (x_{10\ 2}; x_{11\ 4}; x_{12\ 3}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 3}; x_{19\ 3}) \end{array} \right]. \quad (2.6)$$

- комплексного АСП:

$$\left[\begin{array}{c} (x_{16}; x_{23}; x_{34}; x_{43}; x_{55}; x_{62}; x_{73}; x_{84}; x_{93}) + \\ + (x_{10\ 2}; x_{11\ 4}; x_{12\ 1}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 3}; x_{19\ 3}) \end{array} \right]. \quad (2.7)$$

Кожна з виділених типових схем систем автосервісу є складовою навчальної вибірки для побудови моделей, які покладено в основу методики підвищення рівня якості технологічних процесів.

Оскільки існує безліч АСП, що мають різні комбінації параметрів, то необхідно створити інструмент для аналізу кожного АСП та контролю якості технологічних процесів.

2.7 Вибір критеріїв для оцінки якості системи автосервісу

Для оцінки якості системи автосервісу необхідно проаналізувати послідовно мікро-, макро-, та мета- рівні системи.

На мікрорівні системи аналізується якість виконання технологічних процесів. Для проведення аналізу необхідно виділити певні критерії, що обумовлюють якісне виконання технологічних процесів.

На мікрорівні, основними критеріями є:

- рівень забезпеченості необхідною технологічно-конструкторською документацією для виконання ТП визначимо за виразом:

$$D_{\text{т.к.}} = \frac{D_{\text{т.к.најв.}}}{D_{\text{т.к.акт.}}}, \quad (2.8)$$

де $D_{\text{т.к.најв.}}$ – наявна технологічно-конструкторська документація;

$D_{\text{т.к.акт.}}$ – актуальна технологічно-конструкторська документація;

- рівень забезпеченості необхідними керівництвами по ремонту та експлуатації транспортних засобів для виконання ТП, який повинен задовольняти вимозі:

$$D_{\text{р.е.}} \rightarrow 1, \quad (2.9)$$

- рівень застосування в технологічних процесах сучасних новітніх технологій:

$$\text{СНТ} = \frac{\text{СНТ}_{\text{најв.}}}{\text{СНТ}_{\text{акт.}}}, \quad (2.10)$$

де $\text{СНТ}_{\text{најв.}}$ – кількість наявних сучасних новітніх технологій для застосування в ТП;

$\text{СНТ}_{\text{акт.}}$ – актуальна кількість сучасних технологій для застосування в ТП;

-рівень відповідності характеристик технологічних процесів АСП до технічного регламенту (вимог постанови «Про затвердження Технічного регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» від 03.07.2013.):

$$TR_{обл.} = \frac{TR_{обл.наяв.}}{TR_{обл.рег.}} \quad (2.11)$$

де $TR_{обл.}$ – рівень відповідності обладнання для виконання ТП;

$TR_{обл.наяв.}$ – наявна кількість обладнання;

$TR_{обл.рег.}$ – регламентована кількість обладнання.

- рівень відповідності площ для виконання ТП відповідає виразу:

$$TR_{пл.} = \frac{TR_{пл.наяв.}}{TR_{пл.рег.}}, \quad (2.12)$$

де $TR_{пл.}$ – рівень відповідності площ для виконання ТП;

$TR_{пл.наяв.}$ - наявна кількість площ;

$TR_{пл.рег.}$ - регламентована кількість площ;

- рівень відповідності площ для виконання ТП:

-

$$TR_{пер.} = \frac{TR_{пер.наяв.}}{TR_{пер.рег.}}, \quad (2.13)$$

де $TR_{пер.}$ – рівень відповідності персоналу для виконання ТП;

$TR_{пер.наяв.}$ – наявний персонал;

$TR_{пер.рег.}$ – регламентований персонал;

рівень відповідності технологічних карт для виконання ТП:

$$TR_{техн.к.} = \frac{TR_{техн.к.наяв.}}{TR_{техн.к.рег.}}, \quad (2.14)$$

де $TR_{\text{тех.к.}}$ – рівень відповідності технологічних карт для виконання ТП;

$TR_{\text{тех.к;наяв.}}$ – наявні технологічні карти;

$TR_{\text{тех.к;рег.}}$ – регламентовані технологічні карти;

- рівень відповідності технічного стану ТЗ, що обслуговується:

$$TR_{\text{тех.ст.}} = \frac{TR_{\text{тех.ст.наяв.}}}{TR_{\text{тех.ст.нор.}}}, \quad (2.15)$$

де $TR_{\text{тех.ст.}}$ – рівень відповідності технічного стану транспортного засобу, що обслуговувався на АСП до вимог технічного регламенту;

$TR_{\text{тех.ст.}}$ – технічний стан транспортного засобу після обслуговування на АСП;

$TR_{\text{тех.ст.нор.}}$ – нормативні вимоги до технічного стану транспортного засобу;

- рівень врахування вимог споживачів при виконанні ТП:

$$CR = \frac{CR_{\text{наяв.}}}{CR_{\text{акт.}}}, \quad (2.16)$$

де $CR_{\text{наяв.}}$ – вимоги споживачів, що враховуються на АСП;

$CR_{\text{акт.}}$ – вимоги споживачів.

На основі зазначених критеріїв вираховуються часткові показники якості робіт K_i' та K_i'' [36]. При цьому K_i' – показник якості i -го ТП, що виконано відповідно до вимог нормативно-технічної документації та було оцінено ВТК. Якщо даний ТП не оцінює ВТК, то $K_i' = 0$. В такому випадку i -й ТП оцінюється за результатами відгуків замовників, на основі розрахунку K_i'' – коефіцієнту схвальних оцінок замовників i -го ТП.

Значення часткових показників якості i -го ТП передаються на макрорівень системи автосервісу.

На макрорівні системи аналізується якість функціонування АСП. Для проведення аналізу виділяються наступні критерії:

- $TCU(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ – критерій, що описує запаси запасних частин та експлуатаційних матеріалів на АСП [167];

- $E_i = (V_i / R_{vi})$ – індикатори поточного стану, що базуються на значеннях параметрів вектору поточного стану АСП, $R_v = (S, Q, P, I, W, ES, C_{сам}, F_{сер}, F_{вир})$, де S – рівень забезпеченості підрозділів АСП необхідною площею, Q – рівень забезпеченості виробничих дільниць обладнанням та оснащенням, P – рівень забезпеченості підрозділів АСП кваліфікованим персоналом, I – оцінка руху та повноти інформаційних потоків та наявної 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 [64];

- K'_i та K''_j – показники якості, що надходять з мікрорівня та забезпечують розрахунок комплексного показника якості робіт АСП ($K_{я}$):

$$K_{я} = \alpha \cdot K' + (1 - \alpha) \cdot K'', \quad (2.17)$$

де α – питома частка робіт, якість виконання яких оцінюється ВТК.

Зауважимо, що у формулі (2.17) для K' та K'' приймаються значення згідно вимог:

$$K' = \min(K'_i), \quad (2.18)$$

$$K'' = \min(K''_j). \quad (2.19)$$

Значення комплексного показника АСП $K_{я}$ передається на метарівень системи автосервісу. На метарівні системи аналізується якість функціонування мережі АСП. Для проведення аналізу виділяються наступні критерії:

– $Zone$ (coverage) – зона дії АСП, m^2 ;

- SN – номенклатура послуг, що можуть надаватись в мережі АСП [168];
- K_{conv} – Коефіцієнт конверсії повинен прагнути до максимуму ($K_{conv} \rightarrow \max$) [159];
- SCSC – насиченість потужностями автосервісу [159];
- Compact – щільність розташування пунктів автосервісу [159];
- EffectD – ефективний потенціал клієнтів характеризує клієнтів, яких було обслуговано [159];
- Rcl – клієнтський радіус [159].

Враховуючи дані критерії, розраховується комплексний коефіцієнт якості МАСП:

$$K_{\text{яМАСП}} = \|K_{\text{яі}}\| + \Delta K_{\text{я}}(t) \quad (2.20)$$

Для розрахунку комплексного показника якості всієї МАСП в якості норми $\|K_{\text{яі}}\|$ пропонується обрати мінімальне або середнє значення елементів вектору, що складається з рівнів якості окремих АСП та передаються з макрорівня системи;

- $\Delta K_{\text{я}}(t)$ – приріст показника якості виконаних послуг за певний період.

Ефективність функціонування МАСП оцінюється за допомогою моделі з вартісними характеристиками з теорії масового обслуговування [167]. Дана модель передбачає оцінювання витрат за простої:

$$AvgCS + AvgCW \rightarrow \min, \quad (2.21)$$

де $AvgCS(x)$ – витрати за простої, що базуються на середній вартості обслуговування за одиницю часу;

$AvgCW(x)$ – витрати за простої, що базуються на очікуванні за одиницю часу.

2.8 Методика оптимізації рівня якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу

Будь-яку систему автосервісу можна розглядати як систему масового обслуговування. Для оцінки ефективності за витратами використовуються моделі прийняття рішень з теорії масового обслуговування: модель з вартісними характеристиками та модель пріоритетного рівня обслуговування [153]. В обох моделях оптимальний рівень обслуговування передбачає зменшення часу очікування в системі. В зазначених моделях для пошуку рівноваги між конфліктуючими факторами (рівнем обслуговування та часом очікування в системі) використовують функціональні показники системи (показники якості ТП на різних рівнях).

Виходячи з цього, прогнозовану ефективність функціонування системи на кожному рівні можна оцінювати за потенційними втратами систем автосервісу на відповідному рівні, які залежать від відповідних прогнозованих показників якості технологічних процесів.

У загальному вигляді модель з вартісними характеристиками можна представити наступним виразом:

$$AvgC(x) = AvgCS(x) + AvgCW(x) \rightarrow \min, \quad (2.22)$$

де $AvgC(x)$ – середня загальна вартість за одиницю часу потенційних загальних втрат систем автосервісу на відповідному рівні. Виступає в якості цільової функції, що спрямовується до мінімуму;

$AvgCS(x)$ – середня вартість обслуговування за одиницю часу, відображає втрати систем автосервісу на відповідному рівні від надлишкової потужності системи (простою постів);

$AvgCW(x)$ – середня вартість очікування за одиницю часу, відображає втрати, які обумовлені затримками в наданні послуг, що пов'язані з

недостатньою потужності системи (перевантаженістю постів та наявністю черги і відмов клієнтам);

x – рівень обслуговування, авт./од. часу.

μ – інтенсивність обслуговування, авт./од. часу.

Оскільки рівень обслуговування x пропорційний якості виконання технологічних процесів, то з урахуванням коефіцієнта якості виконання технологічних процесів $K_{\text{я}}$ запишемо:

$$x = K_{\text{я}} \cdot \mu, \quad (2.23)$$

де μ – інтенсивність обслуговування, авт./од. часу;

$K_{\text{я}}$ – показник якості технологічних процесів.

Зазначимо, що при максимальному значення коефіцієнта якості $K_{\text{я}} = 1$, рівень обслуговування x дорівнює інтенсивності обслуговування μ .

З урахуванням виразу (2.22) вартість витрат від надлишкової потужності системи (простою постів) визначаємо так:

$$AvgCS(x) = C_1 \cdot K_{\text{я}} \cdot \mu, \quad (2.24)$$

де C_1 – питома вартість на одиницю x за одиницю часу.

Вартість витрат, які обумовлені затримками при наданні послуг, визначаємо за виразом:

$$AvgCW(x) = C_2 \cdot L_s, \quad (2.25)$$

де C_2 – «ціна» очікування за одиницю часу на одного клієнта, що очікує на обслуговування;

L_s – середня кількість клієнтів, що обслуговуються та очікують на обслуговування (знаходяться в системі) за одиницю часу.

Суть моделі з пріоритетним рівнем обслуговування полягає у визначенні достатнього інтервалу зміни для рівня обслуговування (параметр $K_d \cdot \mu$) шляхом пошуку адекватних меж для економічних показників, які характеризують процес обслуговування.

Для визначення оптимальної морфологічної структури автосервісу необхідно враховувати соціально-економічну ефективність системи, що розраховується як прибуток системи автосервісу та є функцією від доходу та загальних витрат автосервісу:

$$E_{\phi} = \Pi = f(D, ZB), \quad (2.26)$$

де Π – прибуток автосервісу протягом року;

D – дохід автосервісу протягом року;

ZB – загальні витрати автосервісу протягом року.

2.9 Логічна організація процесу оцінювання та вибору способів підвищення якості виконання технологічних процесів в системі автосервісу

Логічна організація процесу прийняття рішення щодо вибору морфологічної схеми системи автосервісу представлена на рис. 2.6.

На основі формування вимоги забезпечення якості технологічних процесів автосервісу (блок 1) та визначення шляхів вдосконалення структури системи автосервісу для підвищення якості ТП (блок 2) визначаються критерії оцінки показника якості ТП на різних рівнях ієрархії опису системи (блок 3).

Після визначення вхідних, вихідних і керуючих елементів системи автосервісу здійснюється систематизація морфологічних структур системи автосервісу та формуються різні комбінації морфологічних ознак як можливі варіанти структур (блок 4). Вибір морфологічної структури для визначеного типу системи автосервісу (блок 5) починається з вибору способу реалізації структури (блок 6), яка може бути виконана шляхом застосування оригінальних (блок 7) чи удосконалення існуючої морфологічної структури (блок 8).

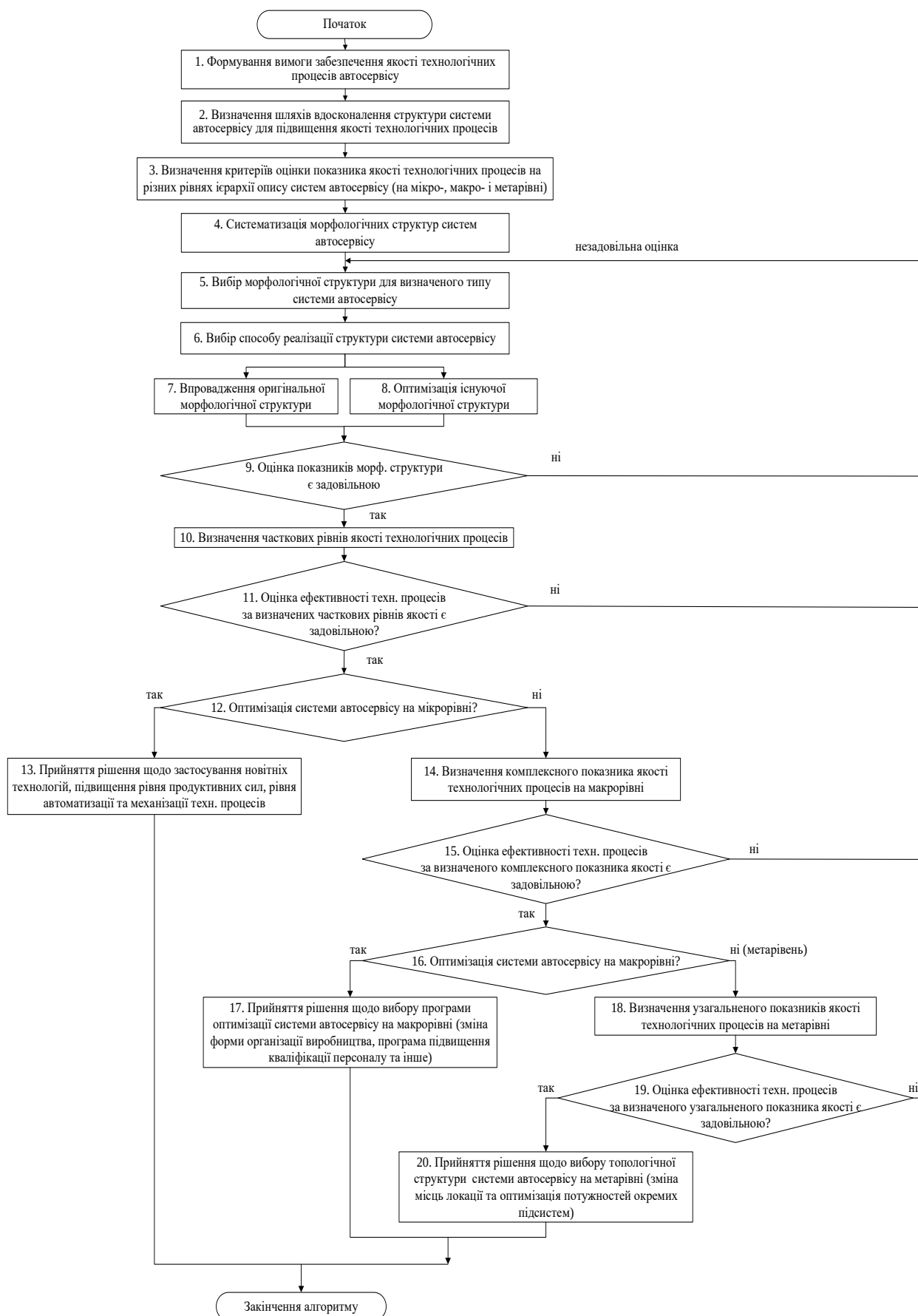


Рис. 2.6. Блок-схема алгоритму вибору морфологічної схеми системи автосервісу

В блоках 9-12, 14-16, 18-19 здійснюються оцінка показників якості та ефективності виконання технологічних процесів за тієї чи іншої морфологічної структури системи на мікрорівні (блоки 9-12), макрорівні (блоки 14-16) та метарівні (блоки 18-19).

За результатами оцінки ефективності виконання ТП на кожному рівні ієрархії опису системи автосервісу може бути прийнято рішення щодо її оптимізації (блоки 13, 17, 20). За незадовільних оцінок виконується зворотний зв'язок для повторного вибору морфологічної структури системи автосервісу.

2.10 Висновки до розділу 2

Обґрунтована загальна методологія оцінювання якості функціонування системи автосервісу з врахуванням необхідних морфологічних ознак, в рамках якої:

- розроблено функціональні моделі мікро- макро- та мета- рівнів системи автосервісу, що дозволяє комплексно досліджувати процеси всередині системи, виявляти недоліки функціонування мережі, окремого АСП, виконання технологічного процесу та враховувати зміни значень параметрів системи в часі. Рівень якості виконаних робіт виступає зв'язуючою ланкою між трьома підсистемами загальної системи автосервісу;

- визначено критерії для оцінки якості системи автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях системи;

- визначено методику оптимізації рівня якості технологічних процесів на різних рівнях системи автосервісу;

- описано алгоритм процесу оцінювання автосервісу та підвищення якості виконання технологічних процесів в системі.

РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ

3.1 Моделювання процесів на макрорівні системи автосервісу

Так як макрорівень системи автосервісу є базовим для дослідження методів підвищення якості технологічних процесів, то опишемо математично даний рівень (рис.2.3).

В сучасних умовах ринку автосервісних послуг робота систем автосервісу на макрорівні має бути спрямована на найбільш повне задоволення споживачів шляхом надання різноманітних якісних послуг для забезпечення функціонування транспортних засобів. Виконати це завдання можна шляхом започаткування в підприємстві механізмів розвитку, які б забезпечували постійне поліпшення якості всієї діяльності підприємства або окремих його компонентів у відповідності з методологією стандартів якості серії ISO 9000. Досягнення цієї мети може бути виконане за рахунок розробки та впровадження методологій оптимізації діяльності автосервісних підприємств. Розробкою моделей, що описують виробничі процеси систем займались як вітчизняні так і зарубіжні науковці [169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176].

3.1.1 Моделювання процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП»

На етапі моделювання рівня А макрорівня системи автосервісу визначаємо математичні залежності між параметрами процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП».

Під час виконання даного процесу формуються продуктивні сили АСП:

$$PForces = \cup_i Res_i \cup ERes \cup FRes, \quad (3.1)$$

де $PForces$ – продуктивні сили.

Res_i – i -й вид ресурсів: трудові, матеріальні ресурси (Sф, Рф, Qф, Wф) та ін.;

Sф – фактична площа АСП;

Рф – фактичний запас трудових ресурсів АСП;

Qф – фактичний запас обладнання та оснащення АСП;

Wф – фактичний запас матеріальних ресурсів АСП;

ERes – енергоресурси;

FRes – фінансові ресурси.

Формується структура послуг H , що надаються АСП, зокрема їх номенклатура та вартість c , у вигляді математичної залежності:

$$H = f(Age, F_{ts}, F(t + k\Delta t), DTCsKt), \quad (3.2)$$

Age – вікові групи легкових автомобілів регіону, які виокремлюються з статистичних даних Stat, що отримуються з регіональних сервісних центрів;

F_{ts} – інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації у відповідний момент часу, отримується з системи V2I [177]:

$$F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{s_i}K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.TЗ}, \quad (3.3)$$

$DTCsKt$ – коди несправностей з системи V2I та інформація з мобільних додатків.

де $\bar{H}_t$ – вектор органа(ів) керування енергетичної установки ТЗ (координата задатчика(ів) органа керування) в часі t ; t – поточний час процесу моніторингу; Δt – інтервал часу між вимірюваннями в процесах моніторингу; $\bar{X}_i(t)$ при $i = 1, \dots, m$ – характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, що виміряні і входять в перелік ретроспективних впливових факторів (основні параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації); n – кількість інтервалів (число вимірювань) у минулі періоди моніторингу; m – кількість вимірюваних характеристик (параметрів) технічного стану ТЗ; $DTC_{s_i}K_{t_i}$ – результати

моніторингу кодів (DTCs (діагностичних кодів) несправностей ТЗ; $S_{y.e.TЗ}$ – система визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ (в представленому випадку система $S_{y.e.TЗ}$ являє собою відображення властивостей підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації $e_{y.e.TЗ}$ ТЗ;

Під час моделювання зворотних зв'язків на рівні А та В визначається $F_{(t+k\Delta t)}$ – прогнозована інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідний момент часу в процесі виконання своїх функцій (в процесі роботи ТЗ за призначенням) в майбутньому на інтервалі упередження довжиною $(t + k\Delta t)$ в залежності від відомих значень у минулому, в заданому інтервалі прогнозування δ с заданою довірчою ймовірністю p ; k – кількість (число) інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану у майбутньому, визначає тип прогнозу – короткотерміновий, середньо-терміновий

$$F_{(t+k\Delta t)} \left(\begin{array}{c} \overline{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, k, \overline{X}_i(t + k\Delta t), \overline{X}_i(t + (k - 1)\Delta t), \dots, \\ \overline{X}_i(t + (k - n)\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_{i(t+k\Delta t)}} \end{array} \right) \Rightarrow S_{y.e.TЗ}(t + k\Delta t). \quad (3.4)$$

Для визначення оптимальної стратегії замовлення запасів i -го виду запасних частин та експлуатаційних матеріалів (W_i) при моделюванні зворотних зв'язків А та В використовуємо наступні параметри:

DM_i – інтенсивність попиту на W_i за одиницю часу, $i = \overline{1, n}$;

n – кількість видів запасних частин та експлуатаційних матеріалів, од.;

K_i – вартість розміщення замовлення на W_i ;

h_i – вартість зберігання одиниці W_i за одиницю часу;

Y_i – об'єм замовлення W_i ;

a_i – необхідний простір для зберігання одиниці запасних частини або експлуатаційних матеріалів;

$S_{ск.ф.}$ – фактична площа складу, м²;

$h_{ск}$ – висота складу, м.

Математична модель управління запасами буде мати вигляд [167]:

$$TCU(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i D M_i}{Y_i} + \frac{h_i Y_i}{2} \right) \rightarrow \min, \quad (3.5)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_i \cdot Y_i \leq S_{\text{ск.ф.}} \cdot h_{\text{ск.}} \\ Y_i > 0, i = \overline{1, n} \end{cases}. \quad (3.6)$$

Для розрахунку оптимальних обсягів Y_i^* замовлень W_i необхідно застосувати наступну формулу:

$$Y_i^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_i \cdot D M_i}{h_i}}, i = \overline{1, n}. \quad (3.7)$$

Далі перевіряємо чи задовольняє оптимальна кількість запасів місткість складу? Якщо так, то обчислення на цьому завершено. В протилежному випадку будемо функцію Лагранжа:

$$\begin{aligned} L(\lambda, Y_1, Y_2, \dots, Y_n) &= TCU(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) - \lambda(\sum_{i=1}^n a_i Y_i - S_{\text{ск.ф.}} \cdot h_{\text{ск.}}) = \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i D M_i}{Y_i} + \frac{h_i Y_i}{2} \right) - \lambda(\sum_{i=1}^n a_i Y_i - S_{\text{ск.ф.}} \cdot h_{\text{ск.}}), \end{aligned} \quad (3.8)$$

де $\lambda < 0$ – множник Лагранжа.

Оптимальні значення Y_i та λ знаходимо з системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial Y_i} = -\frac{K_i D M_i}{Y_i^2} + \frac{h_i}{2} - \lambda a_i = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = -\sum_{i=1}^n a_i Y_i + S_{\text{ск.ф.}} \cdot h_{\text{ск.}} = 0 \end{cases}. \quad (3.9)$$

Розв'язавши систему, отримаємо

$$Y_i^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K_i \cdot DM_i}{h_i - 2\lambda^* \cdot a_i}}. \quad (3.10)$$

З (3.10) випливає, що Y_i^* залежить від значення λ^* , що може бути розраховано наступним чином:

$$\lambda^* \approx \frac{\bar{h}}{2\bar{a}} - \frac{n^2 \bar{a} \cdot \bar{K} \cdot \overline{DM}}{(S_{\text{ск.ф.}} \cdot h_{\text{ск}})^2}, \quad (3.11)$$

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}, \quad (3.12)$$

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \quad (3.13)$$

$$\bar{K} \cdot \overline{DM} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i DM_i}{n}, \quad (3.14)$$

де $\bar{h}$, $\bar{a}$, $\bar{K}$, $\overline{DM}$ – середня вартість зберігання одиниці W_i за одиницю часу, середнє значення необхідного простору для зберігання одиниці W_i , середня вартість розміщення замовлення, середня інтенсивність попиту на W_i за одиницю часу відповідно.

Оптимальний термін замовлення (тривалість циклу замовлення) розраховується за формулою:

$$t_i^* = \frac{Y_i^*}{DM_i}. \quad (3.15)$$

Зворотні зв'язки рівнів F, H використовуються при формуванні цілей, завдань та планів роботи АСП. При цьому враховується наступна інформація:

$$\text{ЦЗП} = f(\{Root, PROG_i\}, Y_i^*, t_i^*, c, H), \quad (3.16)$$

Root – причини відхилень від цілей, завдань щодо функціонування АСП, планів, виробничих програм за попередні періоди;

$PROG_i$ - і-та (обрана) програма оптимізації, яка визначається на рівнях G-H;

H – інформація про послуги, що надаються АСП (номенклатура, вартість c та ін.);

t_i^* - оптимальний термін замовлення запасних частин та експлуатаційних матеріалів;

Y_i^* - оптимальний обсяг замовлень запасних частин та експлуатаційних матеріалів.

На наступних рівнях функціональної моделі АСП використовується настанова якості (НЯ), що складається для кожного АСП на основі ISO 9000:2015 Система менеджменту якості. Основні положення та словник; ISO 9001:2015 Система менеджменту якості. Вимоги; ISO 19011:2011 Рекомендації щодо проведення аудиту систем менеджменту. У формалізованому вигляді складання НЯ можна представити як відображення $f: ISO \rightarrow \text{НЯ}$.

3.1.2 Моделювання процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів»

На етапі моделювання рівня С макrorівня системи автосервісу визначаємо математичні залежності між параметрами процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів».

Під час виконання даного процесу формується матеріальний потік шкідливих відходів (ШВ) та виробничих відходів (ВВ), що мають негативний вплив на навколишнє середовище (НС). Крім того, на виході процесу С отримуються вторинні ресурси: механічна енергія (Ем), теплова енергія (Ет) та H_2O , яка проходячи зворотний зв'язок рівня D, може повторно

використовуватись на рівні С. Математично дані залежності можна описати наступним чином:

$$\{\varphi(\text{ШВ,ВВ,ВГ}),\psi(\text{H}_2\text{O}),\text{Ем,Ет}\}=f(\text{ERes,PForces},\lambda,\text{Fмех,СНТ,DTCsKt,DM}), \quad (3.17)$$

де $\varphi(\text{ШВ,ВВ,ВГ})$ – функція, що відображає процес нейтралізації та очищення шкідливих відходів, виробничих відходів та відпрацьованих газів;

$\psi(\text{H}_2\text{O})$ – відображення процесу очищення H_2O ;

Ем – механічна енергія;

Ет - теплова енергія;

ERes - енергетичні ресурси;

PForces - продуктивні сили (засоби праці, предмети праці, персонал);

λ – вхідний потік автомобілів (А);

СНТ – сучасні новітні технології;

DM – інтенсивність попиту матеріалів;

DTCsKt – коди несправностей з системи V2I;

$F_{\text{мех}}$ - ступінь механізації виробничого процесу, визначимо за формулою:

$$F_{\text{мех}} = \frac{T_{\text{м}}}{T_0} \cdot 100\%, \quad (3.18)$$

де $T_{\text{м}}$ - трудомісткість механізованих операцій виробничого процесу, люд/год;

T_0 - загальна трудомісткість всіх операцій виробничого процесу, люд/год.

Показник якості роботи, що виконано, та показник оцінок роботи замовників повинні задовольняти наступним вимогам:

$$K' = \min(K'i), \quad (3.19)$$

$$K'' = \min(K''_j), \quad (3.20)$$

де K'_i – показник рівня якості i -ї роботи, що виконано відповідно до вимог нормативно-технічної документації і було здано до ВТК;

K''_j – коефіцієнт схвальних оцінок замовників j -ї роботи (послуги).

Враховуючи обмеження по технологічно-конструкторській документації (Дт.к), керівництв по ремонту та експлуатації марок автомобілів, що обслуговуються (Др.е), сучасні новітні технології (СНТ), технічному регламенту (ТР), вимогам споживачів (СР), отримуються результати оцінки відповідності якості $R_{\text{вя}}$:

$$R_{\text{вя}} = f(K', K'', \text{ТР}, \text{СР}) \rightarrow \max \quad (3.21)$$

На основі результатів даної оцінки формується керуючий сигнал (КС), що поступає на вхід процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів» рівня С. КС визначимо за виразом:

$$\text{КС} = f(\text{ЦЗП}, R_{\text{вя}}, \mu, F_{\text{мех}}, P_{\text{ТП}}) \quad (3.22)$$

ЦЗП – цілі, завдання, плани підприємства;

μ – вихідний автомобілепотік;

$P_{\text{ТП}}$ – параметри технологічних процесів ТП.

3.1.3 Моделювання процесу «Контроль за діяльністю АСП»

На вхід процесу «Контроль за діяльністю АСП» рівня Е поступають фактичні параметри поточного стану АСП $Q\phi$, $P\phi$, $W\phi$, $S\phi$, $ES\phi$, H .

Оцінювання роботи системи автосервісу можна представити у вигляді функціональної моделі процесу контролю за його діяльністю [178, 179].

Загальне керування діяльністю АСП здійснюється у відповідності до вимог середовища функціонування, очікувань інвесторів, вимог споживачів та параметрів індикаторів стану АСП. Таким чином, перед початком реструктуризації необхідно здійснити всі етапи аналізу поточного стану АСП, зокрема контроль результатів його роботи (рис.3.1).

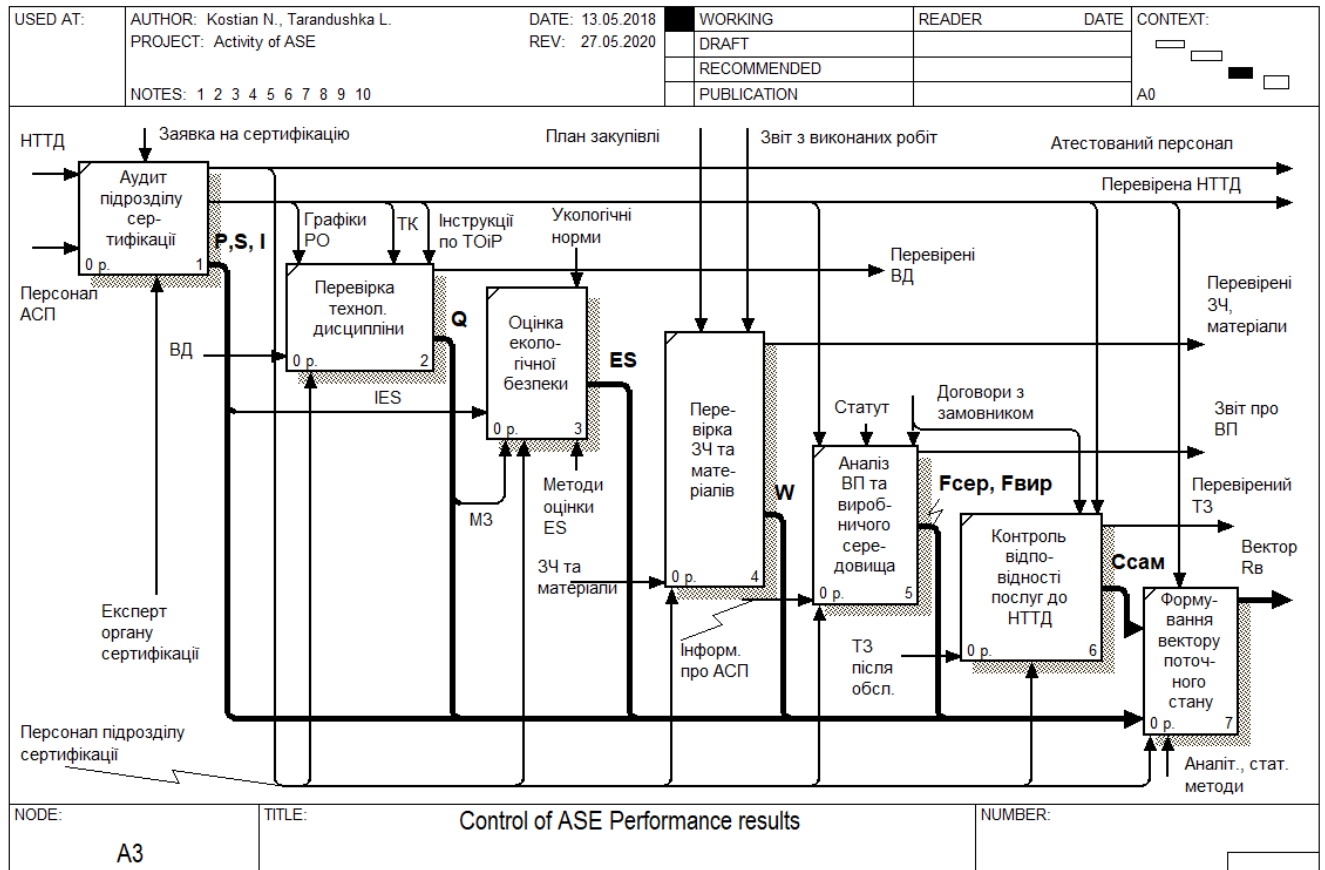


Рис. 3.1 Функціональна модель процесу «Контроль за діяльністю АСП» за стандартом IDEF0

В межах функціональної моделі використано наступні умовні позначення: 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; 3Ч – запасні частини; ВП – виробничий процес.

Поточний стан АСП описується за допомогою наступного вектору:

$$R_B = \{S, Q, P, I, W, ES, C_{сам}, F_{сер}, F_{вир}\}, \quad (3.23)$$

елементи якого є виходами відповідних процесів та слугують параметрами стану. Характеристика та ваги параметрів стану наведено в табл. 3.1. Ваги параметрів стану визначають за допомогою методу експертних оцінок. В якості експертів задіюють фахівців в сфері автосервісу. Значення всіх параметрів повинні знаходитись в межах інтервалу $[0, 1]$.

Таблиця 3.1

Параметри поточного стану АСП

Позначення	Вага V_i	Характеристика
S	s	забезпеченість виробництва площами
Q	q	забезпеченість виробництва устаткуванням
P	p	забезпеченість виробництва персоналом
I	i	оцінка руху та повноти інформаційних потоків та наявної документації
W	w	забезпеченість виробництва матеріальними ресурсами
ES	es	рівень екологічної безпеки
$C_{сам}$	$c_{сам}$	самооцінка
$F_{сер}$	$f_{сер}$	параметр виробничого середовища
$F_{вир}$	$f_{вир}$	форма організації виробництва

Ваги параметрів стану вказують на їх важливість в порівнянні з іншими.

Характеристику параметрів стану АСП та перелік вихідної інформації, що необхідна для їх кількісної оцінки нормативних показників, наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Нормативні показники якості функціонування АСП

Показник	Позначення	Фактори, від яких залежать показники
Забезпечення підрозділів АСП необхідною площею	S	1. Фактичний та нормативний рівні забезпеченості необхідними площами S_f, S_n . 2. Результати аналізу доцільності об'ємно-планувального рішення будівель і приміщень. 3. Ступінь зносу і стан будівель, споруд, приміщень.

Продовження табл. 3.2

Забезпечення виробничих ділень обладнанням та оснащенням	Q	1. Рівень забезпеченості відповідно до карт забезпечення. 2. Графіки планового ремонту обладнання. 3. Сучасність обладнання. 4. Рівень спеціалізації та уніфікації обладнання, його адаптивність до зміни конструкцій автомобілів. 5. Ступінь використання, завантаження та наявність резервів обладнання. 6. Забезпечення виробничого процесу засобами вимірювання і контролю, діагностичним обладнанням у відповідності до технологічних документів на ТО і ремонт транспортних засобів. 7. Наявність документів, що забезпечують своєчасну перевірку або атестацію засобів вимірювання.
Забезпечення підрозділів АСП кваліфікованим персоналом	P	1. Кількість виробничого та невиробничого персоналу. 2. Графік підвищення кваліфікації персоналу. 3. Технологічна дисципліна персоналу.
Оцінка руху та повноти інформаційних потоків та наявної документації	I	1. Нормативна документація (ДСТУ, ТУ). 2. Техніко-технологічна документація. 3. Керівництво по ремонту та експлуатації. 4. Реалізація маркетингової діяльності. 5. Наявність автоматизованої системи управління. 6. Наявність зворотного зв'язку з клієнтом. 7. Наявність сайту.
Забезпечення виробництва матеріальними ресурсами	W	1. Наявність запасів запчастин і матеріалів. 2. Раціональність процедур отримання запчастин, матеріалів, документації, інструменту і т. п. 3. Звіти з виконаних робіт.
Рівень екологічної безпеки	ES	1. Наявність засобів запобігання отруєнню повітря. 2. Наявність утеплення приміщень. 3. Використання енергозберігаючого освітлення. 4. Вироблення власної електроенергії. 5. Наявність рециркуляції води. 6. Наявність вивозу відходів.
Самооцінка підприємства	$C_{\text{сам}}$	1. Коефіцієнт якості послуг . 2. Скарги споживачів. 3. Результати відповідності автомобілів, після ремонту та ТО до вимог нормативної і техніко-технологічної документації.
Оцінка виробничого середовища	$F_{\text{сер}}$	1. Місце локації 2. Щільність населення 3. Рівень автомобілізації 4. Насиченість потужностями 5. Рівень логістичного потенціалу 6. Коефіцієнт лояльності 7. Рівень доходу власників ТЗ

Продовження табл. 3.2

Аналіз організації виробництва	$F_{\text{вир}}$	1. Потужність підприємства 2. Вид АСП 3. Форма організації виробництва.
--------------------------------	------------------	---

В процесі порівняння даних параметрів з нормативними S_n , Q_n , P_n , W_n та з врахуванням функціональної моделі «as-is» формується вектор поточного стану АСП:

$$R_v = r_{bi} = (S, Q, P, I, W, ES, C_{\text{сам}}, F_{\text{сер}}, F_{\text{вир}}) \quad (3.24)$$

$$r_{bi} = \frac{r_{bi\phi}}{r_{biH}} \quad (3.25)$$

На виході даного процесу розраховується комплексний показник якості за формулою:

$$K_{\text{я}} = \alpha \cdot K' + (1 - \alpha) \cdot K'', \quad (3.26)$$

де α – питома частка робіт, якість виконання яких оцінюється ВТК.

Для оптимізації процесу контролю використовується зворотній зв'язок, яким виступають коригувальні дії із використанням сучасних технологій контролю ($T_{\text{контроль}}$) та технології аналізу ($T_{\text{ан}}$). При цьому використовуються обмеження $E_{\text{ф.к}} \rightarrow M_{\text{ак}}$, де $E_{\text{ф.к}}$ – ефективність процесу контролю.

На рівні F макrorівня системи автосервісу, виявляються причини (Root) відхилень від цілей, завдань, планів та виробничих програм ($\Delta \text{ЦЗП}$). Зазначене відхилення задається нелінійною залежністю:

$$\Delta \text{ЦЗП} = f(\text{ЦЗП}, R_v, K_{\text{я}}) \rightarrow \min \quad (3.27)$$

Причини (Root) повертаються на вхід процесу A .

3.1.4 Моделювання процесу «Оптимізація діяльності АСП»

Вектор поточного стану та комплексний показник якості передаються на вхід процесу «Оптимізація діяльності АСП» рівня G. На їх основі формується множина програм оптимізації $PROG = \{PROG_i\}$ та розраховуються індикатори поточного стану. При формуванні програм оптимізації враховуються виробничі критерії (Кр), споживчі критерії (Кл) та оцінки якості виконання послуг С, що надано клієнтами АСП.

Індикатори поточного стану розраховуються за формулою [155]:

$$E_i = \frac{V_i}{r_{vi}}, \quad (3.28)$$

де V_i – вага i -го параметру, що визначаються експертами;

r_{vi} – значення i -го параметру стану;

E_i – i -й індикатор поточного стану АСП.

Серед індикаторів обирається максимальний, що впливає на вибір конкретної програми оптимізації $PROG_i$, яка передається на вхід рівня А та враховується при корегуванні ЦЗП. Вибір програми оптимізації відбувається із використанням інтелектуальної інформаційної системи (ІС).

3.2. Функціональні моделі процесу оптимізації системи автосервісу

Проблеми методології обґрунтування організації та функціонування автосервісних підприємств в ринкових умовах досліджували багато науковців. Досліджувалися питання формування ринку автосервісних послуг, структури системи автосервісу, моделей розвитку виробництва автосервісних підприємств [8, 158, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194]. Також аналізують питання ефективності діяльності та якості послуг автосервісних підприємств [195, 196, 197, 198, 199, 200, 201]. Перспективним є напрям досліджень, пов'язаний з логістичним підходом до вивчення проблем

автосервісу. У багатьох працях розглянуто маркетингову та сервісну стратегії [202, 203, 204, 205, 206, 207, 158, 180, 208, 209], загальні питання логістики організації автосервісних підприємств [208].

Логістичний підхід є перспективним і потребує подальшого розвитку.

Вимоги до методичних підходів організації автосервісних підприємств повинні забезпечувати можливість комплексного аналізу та достовірної оцінки всієї сукупності споживчих та виробничих критеріїв та регіону розташування автосервісного підприємства для виконання якісних послуг.

Визначальним фактором формування і оцінки необхідної якості технологічних процесів є взаємодія виконавця і споживача. При визначенні складу властивостей і показників якості послуги, як об'єкта оцінки, необхідно враховувати технічні, економічні та соціальні аспекти. При взаємодії виконавця і споживача першочергова увага приділяється ступеню задоволення послугою споживачів.

Морфологічний та функціональний описи передбачають перехід до визначення поелементного складу, побудови об'єкту та взаємовідношень параметрів, які виявлені під час параметричного опису системи [210, 211, 212, 213, 128, 214, 215].

Система несе ієрархічну структуру і розкладається на ряд підсистем, при цьому основною ознакою виділення підсистем є її цільове призначення. У підсистемі повинні бути цілі функціонування, що впливають із загальних цілей функціонування системи.

Самі підсистеми можуть, у свою чергу, розглядатися як системи, що складаються з підсистем. Система, її підсистеми та елементи можуть бути подані у вигляді ієрархічної структури графа [119].

Функціональна модель поставленої задачі побудована за стандартом функціонального моделювання IDEF0, що належить до групи стандартів структурного моделювання IDEF. Середовищем моделювання є Case-засіб AllFusion Process Modeler, який входить до інтегрального пакету інструментальних засобів, що підтримують етапи розробки інформаційних

систем – AllFusion Modeling Suite. На рис.3.2 представлено контекстну діаграму моделі системи оптимізації роботи АСП.

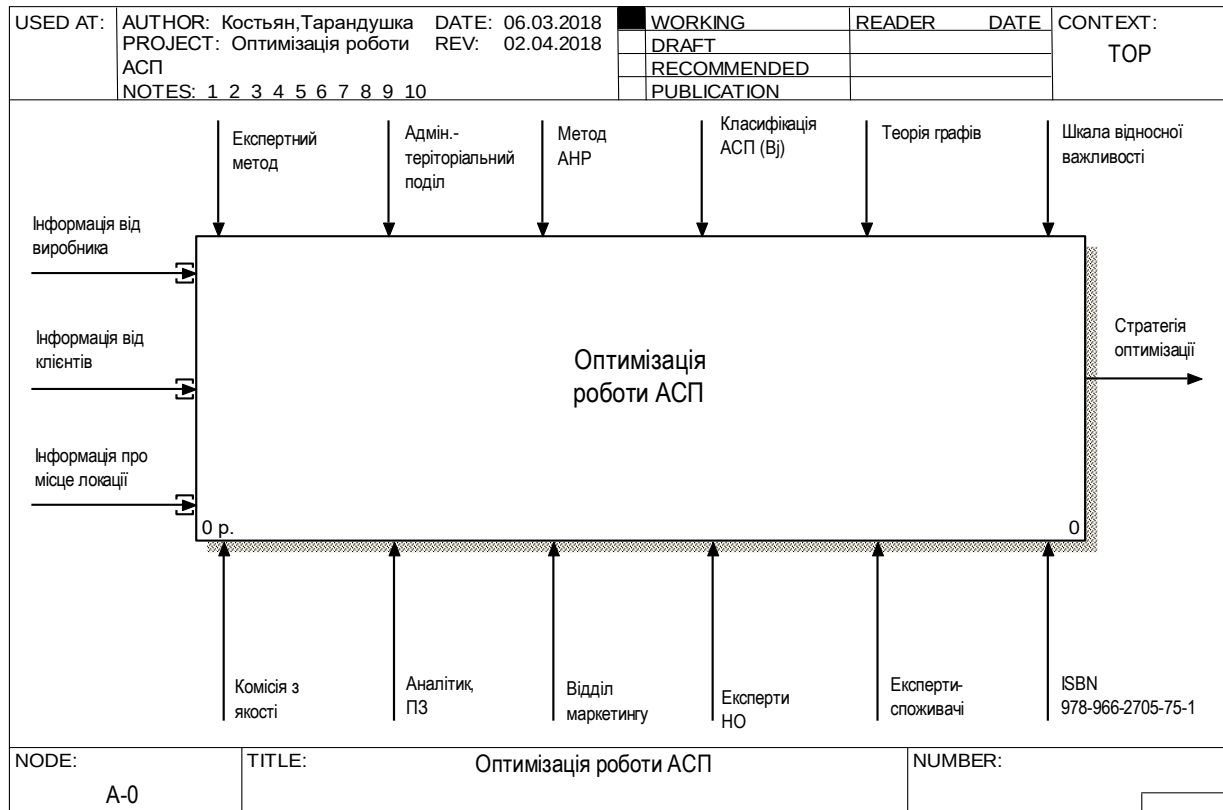


Рис. 3.2. Контекстна діаграма моделі

На рис.3.2 було використано наступні скорочення: АНР – Analytic Hierarchy Process, ПЗ – програмне забезпечення, НО – наочна область.

Всі процеси на діаграмах функціональних моделей за стандартом IDEF0 зображуються у вигляді прямокутників. Стрілки, що входять у прямокутник зверху, відповідають керуючим впливам, регламентуючим документам, що надходять ззовні розглянутого процесу. Для здійснення оптимізації роботи автосервісного підприємства необхідно задіяти наступні ресурси: комісію з якості, працівників відділу маркетингу, експертів наочної області, експертів з числа споживачів, команди аналітиків. Всі розрахунки виконуються за допомогою прикладного програмного забезпечення. Для складання вихідної номенклатури окремих параметрів використовується спеціалізована література (див. індекс на рис. 3.3). Виходом моделі є пропонована стратегія оптимізації

роботи АСП за рахунок вибору найбільш прийнятної форми організації виконання пропонованих послуг у даному регіоні.

На контекстній діаграмі стрілки входів головного бізнес-процесу взяті у «тунель». Цей прийом використано, щоб розвантажити декомпозицію наступного рівня, на якій зазначені стрілки відсутні, що допускається стандартом IDEF0.

Головний процес розподіляється на п'ять підпроцесів, що представлено на декомпозиції моделі першого рівня (рис. 3.3).

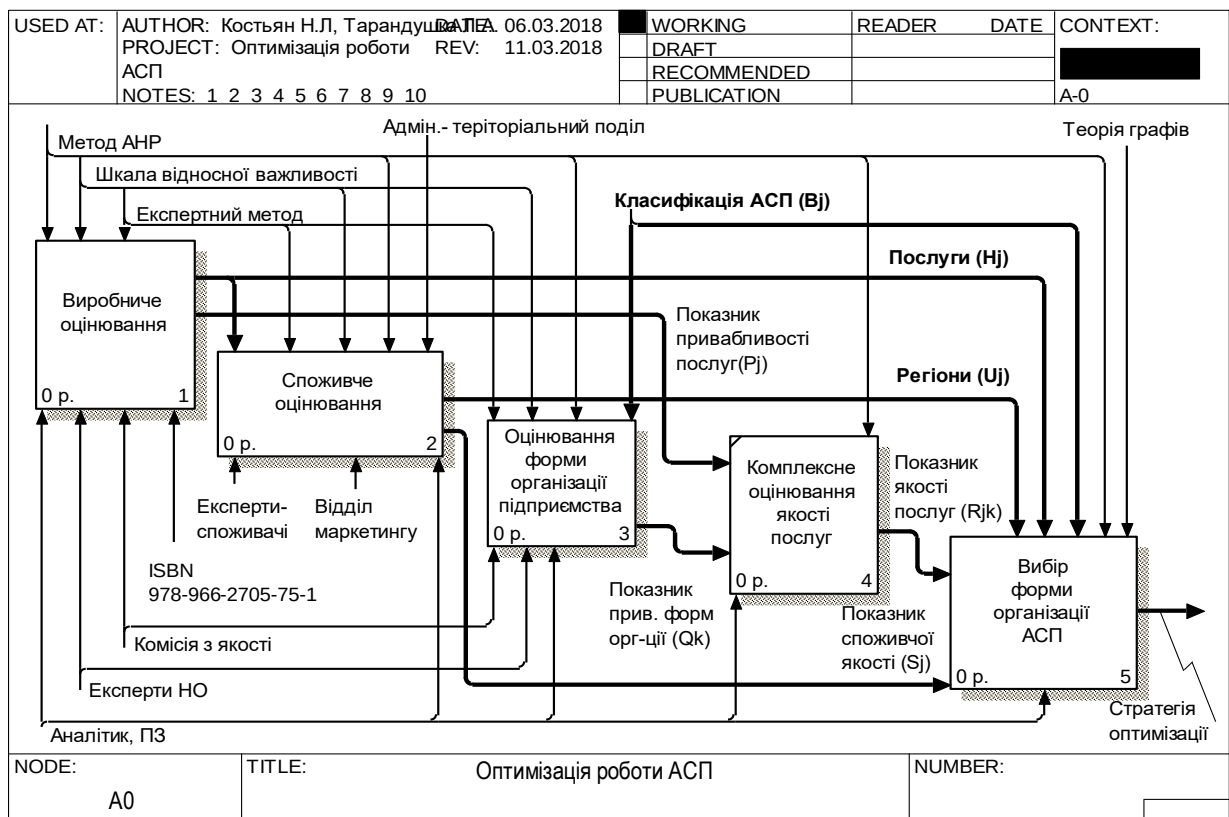


Рис. 3.3. Декомпозиція процесу «Оптимізація роботи АСП»

Спочатку виконується оцінювання пропонованих послуг працівниками АСП (рис. 3.4).

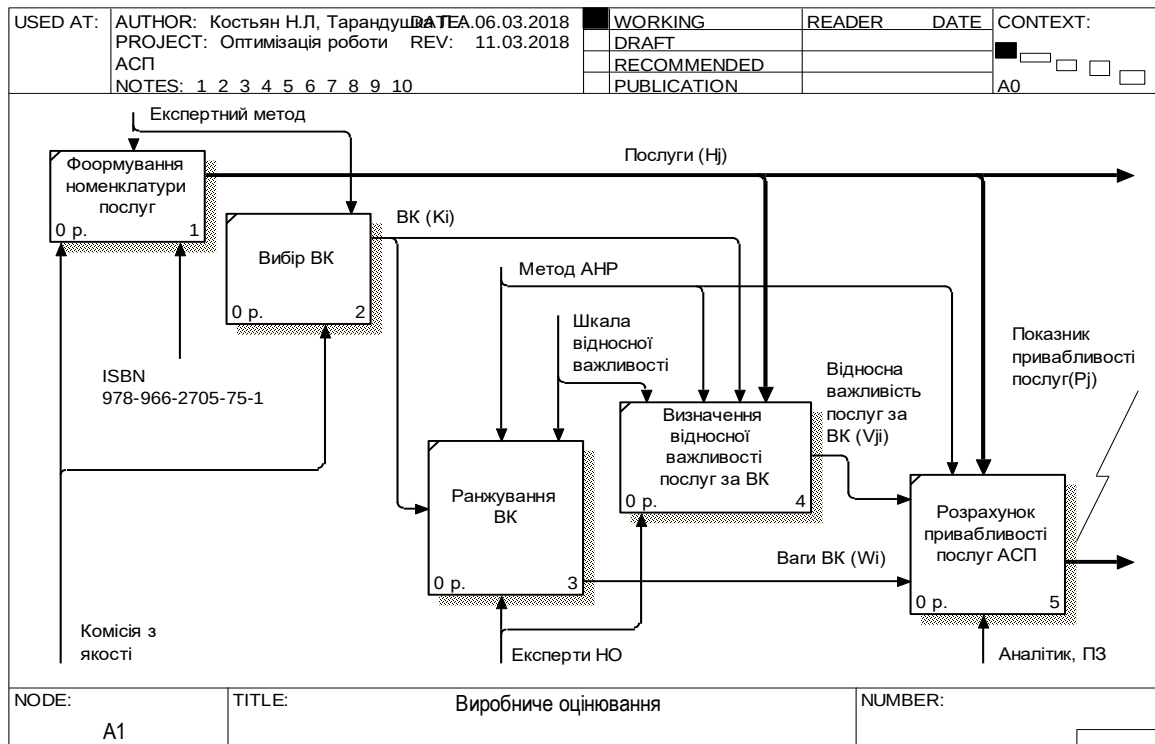


Рис. 3.4. Декомпозиція процесу «Виробниче оцінювання»

Під час реалізації даного процесу формується номенклатура послуг, що є прийнятними на даному підприємстві. На наступному етапі обрані послуги оцінюються експертами з числа споживачів (рис. 3.5).

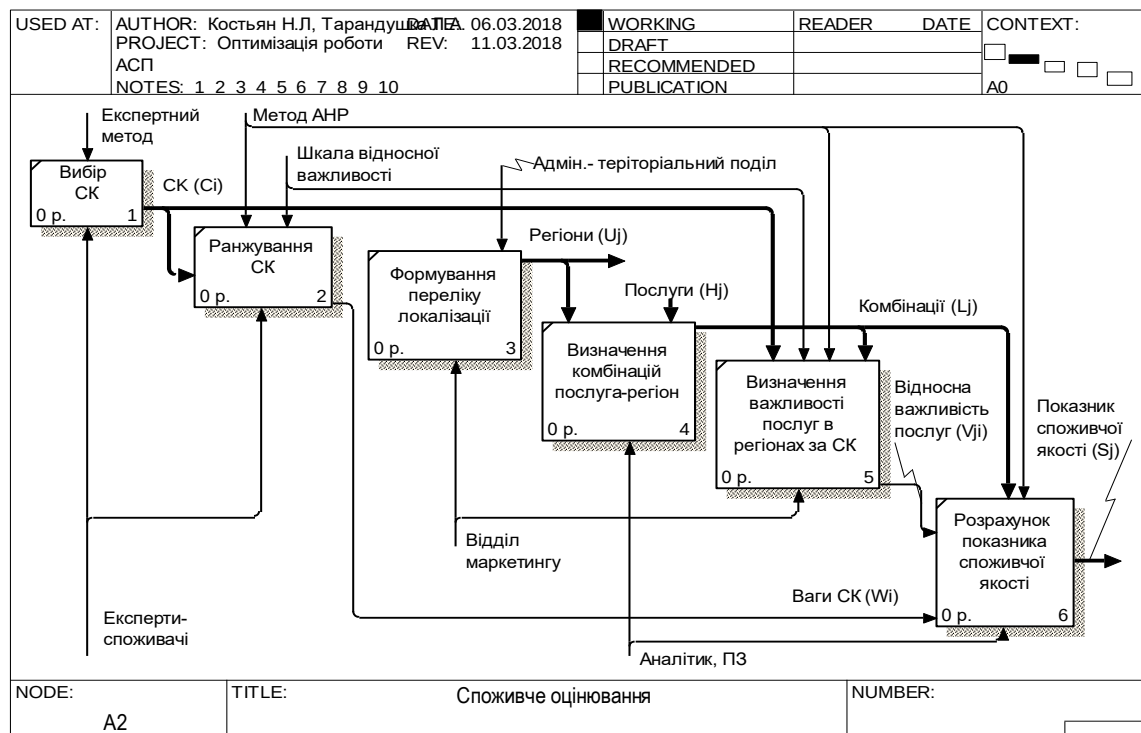


Рис. 3.5. Декомпозиція процесу «Споживче оцінювання»

Паралельно з оцінювання послуг експертами-споживачами може виконуватись оцінювання виробниками можливих форм організації майбутнього підприємства (рис. 3.6).

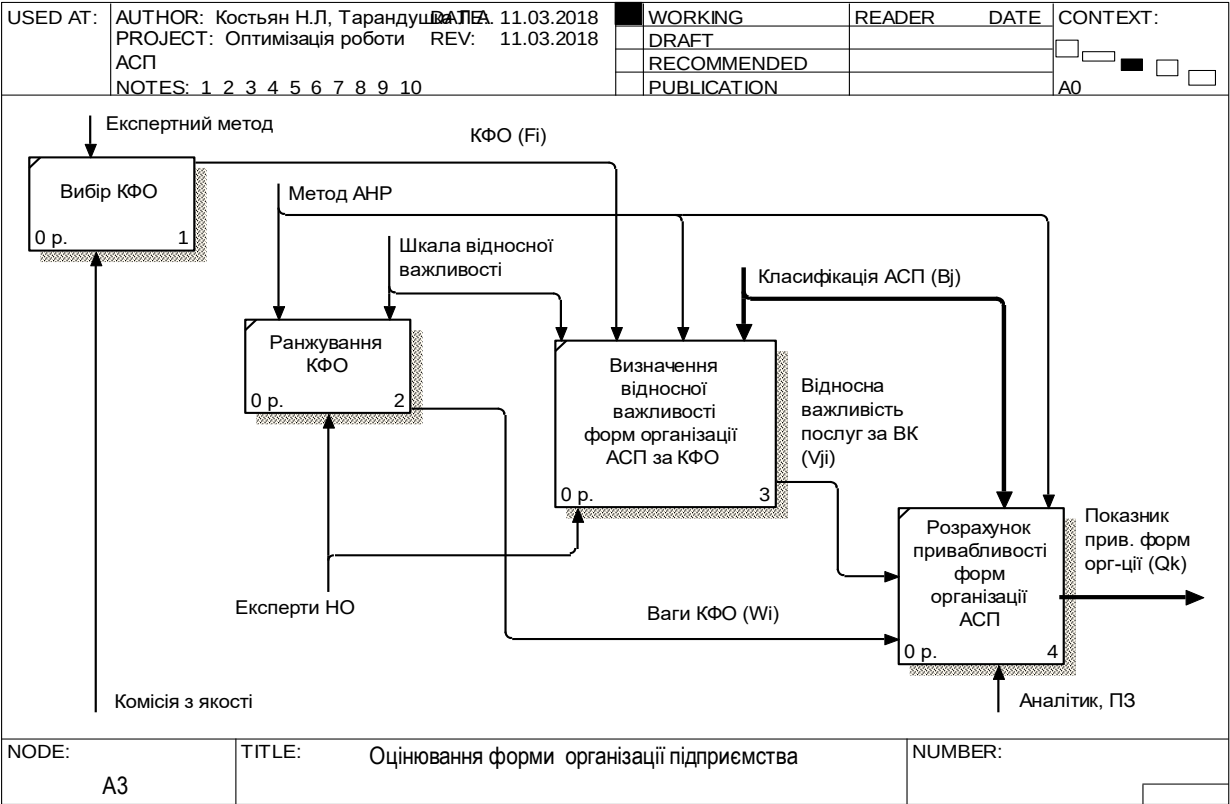


Рис. 3.6. Декомпозиція процесу «Оцінювання форми організації підприємства»
 Скорочення на рис. 3.6: КФО – критерії оцінки форми організації АСП.

Далі виконується комплексне оцінювання пропонованих послуг, на основі якого здійснюється вибір найкращої форми організації підприємства в заданих умовах. В процесі вибору оптимальної організації АСП використовується теорія графів та теорія оптимізації (рис. 3.7).

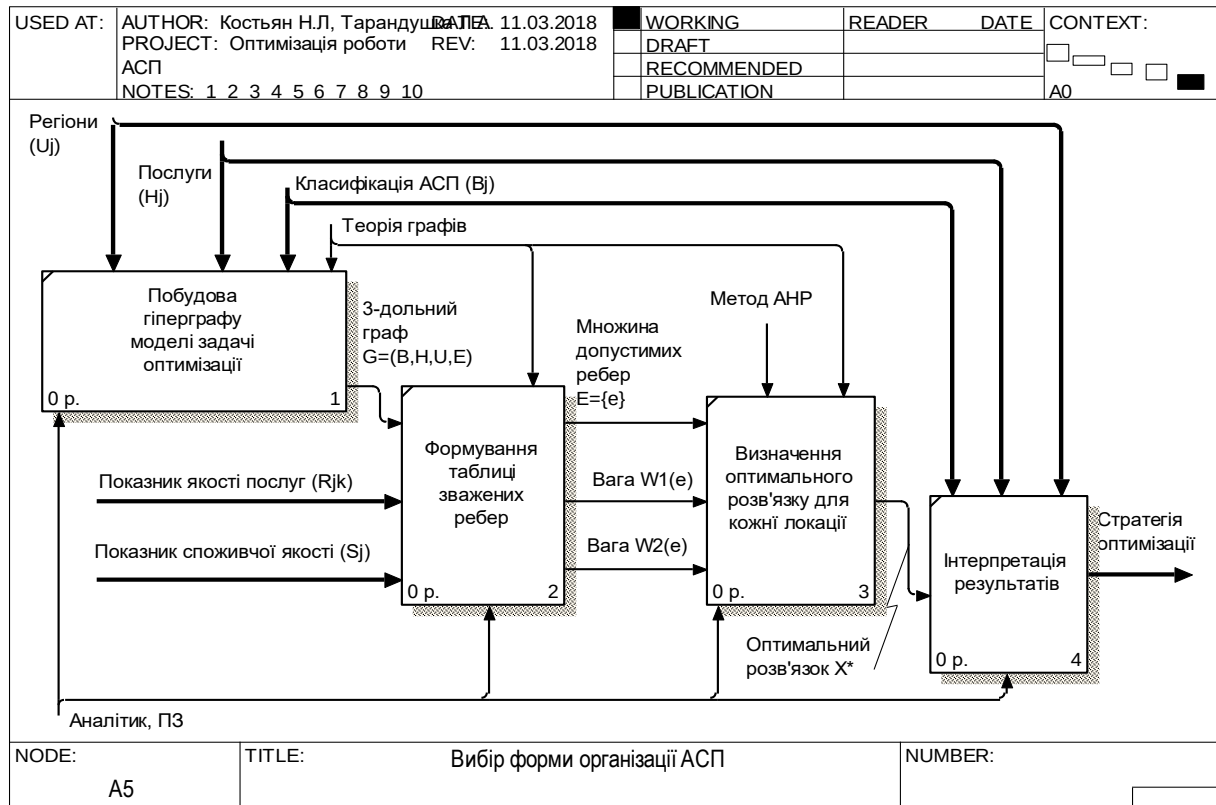


Рис. 3.7. Декомпозиція процесу «Вибір форми організації АСП»

3.2.1 Структура методики визначення оптимальної форми організації виробництва в системі автосервісу

Визначення оптимальної форми організації АСП базується на математичних моделях нижнього та верхнього рівнів. Узагальнену структуру запропонованої методики, наведеної у вигляді блок-схеми алгоритму розрахунку показників якості та визначення форми організації виробництва на АСП, представлено на рис. 3.8.

Дана схема містить блоки виклику підпрограм визначення вагів (показників важливості) критеріїв привабливості послуг за моделями нижнього рівня та визначення найкоротшого шляху в графі побудованого на верхньому рівні моделювання. Узагальнені алгоритми даних підпрограм наведено на рис. 3.9 та рис. 3.10 відповідно.

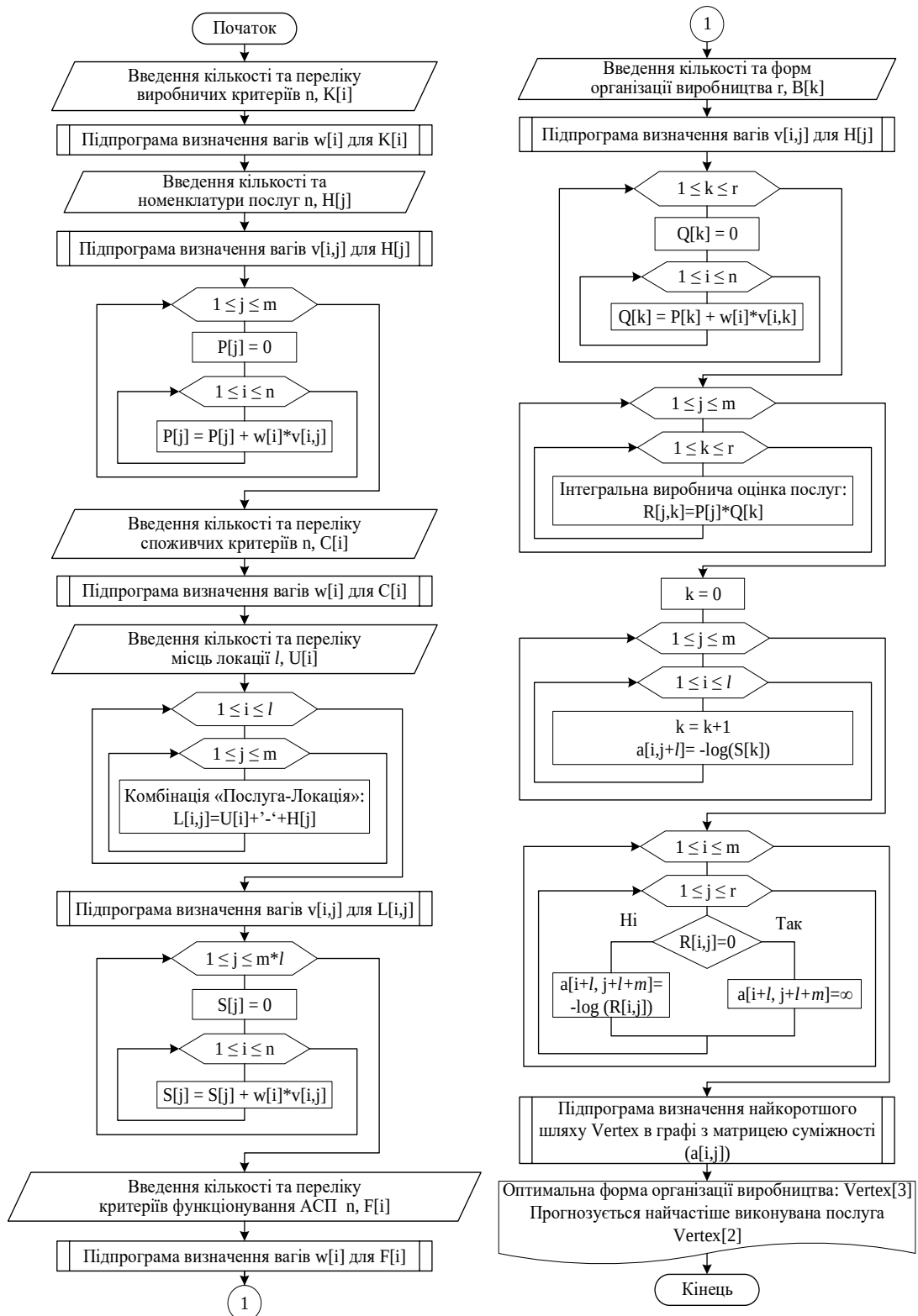


Рис. 3.8. Блок-схема алгоритму визначення оптимальної форми організації

Формування вагових коефіцієнтів проводиться методом аналітичної ієрархії (Analytic Hierarchy Process – АНР), що набув в даний час широкого поширення [216]. Перевагою методу АНР є те, що він може застосовуватися в тих випадках, коли експерти не можуть дати абсолютні оцінки альтернатив за критеріями та

користуються слабкішими порівняльними вимірюваннями. Фахівці відділу маркетингу, використовуючи шкалу відносної важливості, попарним порівнянням розставляють коефіцієнти важливості для кожного рівня ієрархії: «критерії – альтернативи». Далі обчислюються коефіцієнти важливості кожного рівня і підраховується показник якості кожної альтернативи. На верхньому рівні ієрархії здійснюється вибір форми організації виробництва для ремонтно-транспортного підприємства. На рис. 3.9. Представлено блок-схему алгоритму підпрограми розрахунку вагових коефіцієнтів показників кожного рівня ієрархії, шляхом нормування елементів власного вектору ВВ матриці відносної важливості К для відповідних критеріїв [217].

Алгоритмом передбачено виконання перевірки коректності первинних експертних даних. З цією метою обраховуються наступні показники: індекс однорідності ІО, відношення однорідності ВО та математичне очікування і $M(ІО)$ для побудованої випадковим чином матриці попарних порівнянь, яке розраховується за експериментальними даними [218].

Алгоритм підпрограми визначення найкоротшого шляху в графі представлено у вигляді блок-схеми на рис. 3.10.

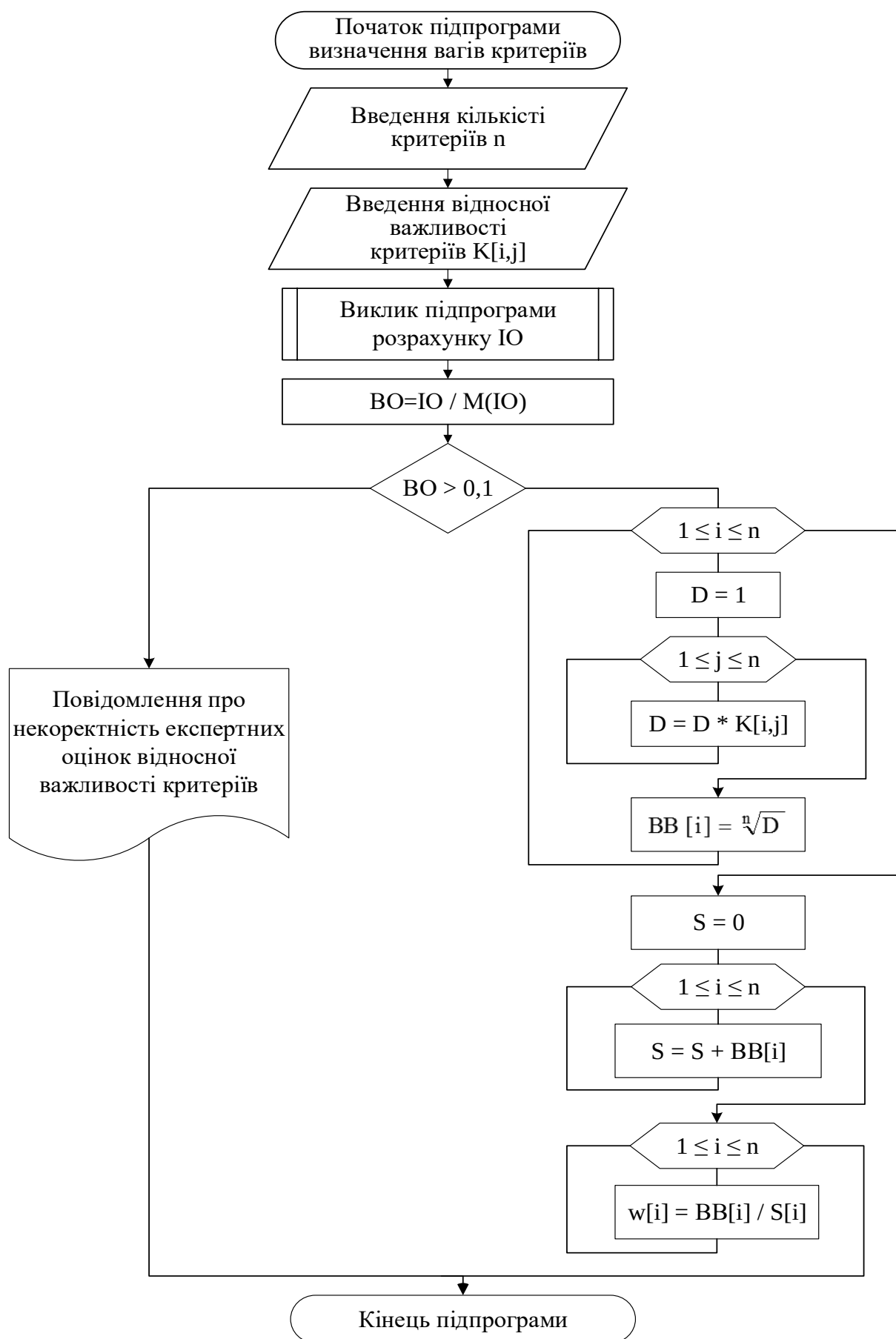


Рис. 3.9. Алгоритм обчислення показників важливості за методом АНР

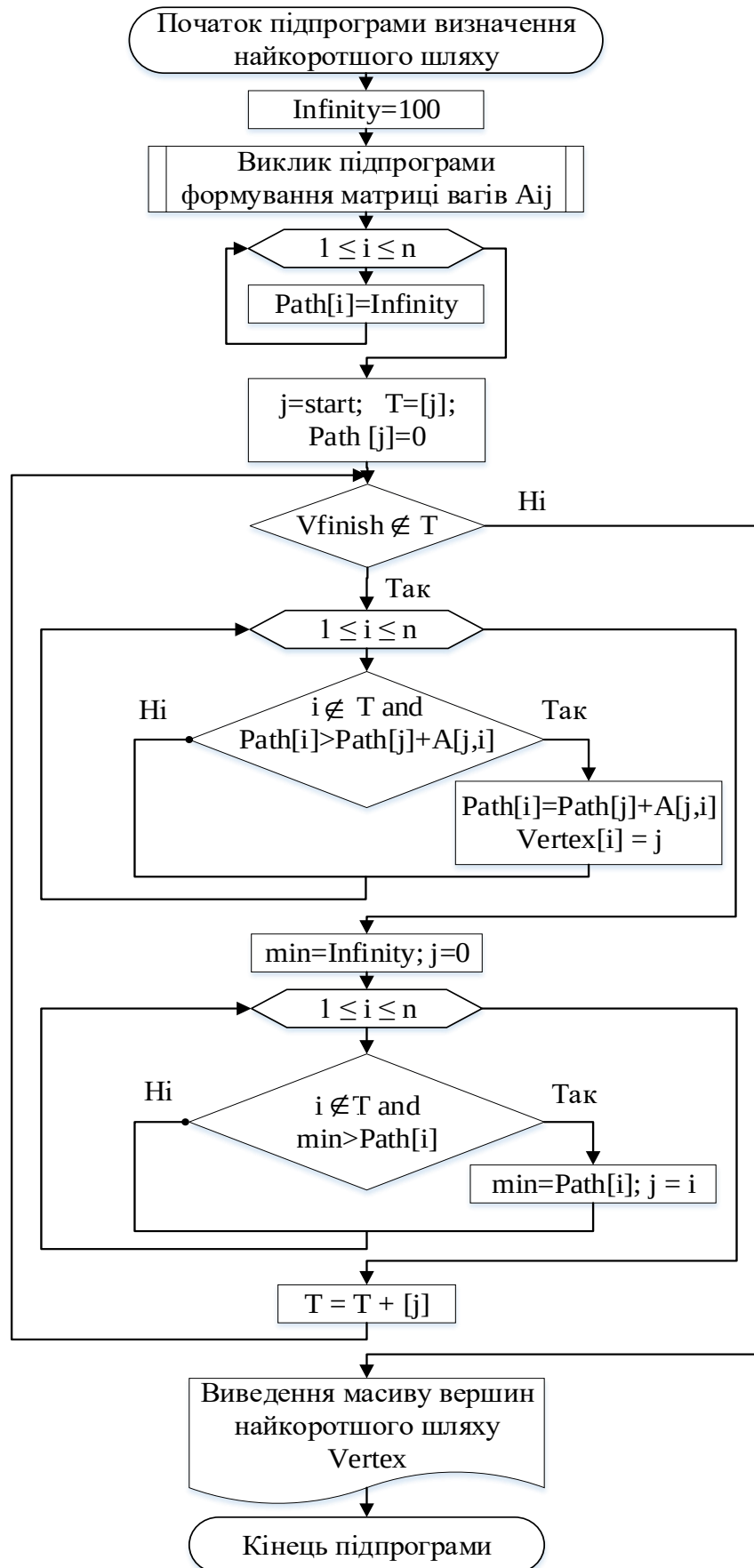


Рис. 3.10. Алгоритм підпрограми визначення найкоротшого шляху в графі

На рис. 3.10. прийнято наступні позначення:

$A[j,i]$ – довжина шляху (вага дуги) від j -ї вершини до i -ї;

Infinity – значення елементу матриці вагових коефіцієнтів зваженого графу G' , що відповідають нескінченності ∞ . Для програмної реалізації прирівнюється до 100. Це означає, що вага відповідної дуги буде завідомо більшою, ніж розраховані ваги інших дуг, тому зазначена дуга не увійде до найкоротшого шляху;

$Path[i]$ – довжина шляху від початкової до i -ї вершини визначається за виразом:

$$Path[i] = \min\{Path\ i, Path\ j + A[j, i]\};$$

Start – початкова вершина графу;

Vfinish – кінцева вершина графу;

T – множина вершин, які вже розглянуто;

Vertex – масив вершин графу, що утворюють найкоротший шлях.

3.3 Методика визначення оптимальних значень незалежних параметрів, що характеризують функціональний елемент «Автосервісне підприємство» для підвищення якості виконання технологічних процесів системи

Після визначення оптимального значення якісного параметру АСП – Форма організації виробництва, необхідно визначити значення кількісних параметрів: X_2 – потужність АСП (кількість постів), X_5 – рівень забезпеченості персоналом. Етапи визначення оптимальних параметрів системи представлено у вигляді блок-схеми алгоритму на рис 3.11. Розглянемо запропоновані етапи алгоритму.

На етапі 1 здійснюється структуризація експертної інформації, тобто визначаються споживчі та виробничі критерії та їх важливість при оцінці привабливості послуг, що потребують якісного виконання технологічних процесів.

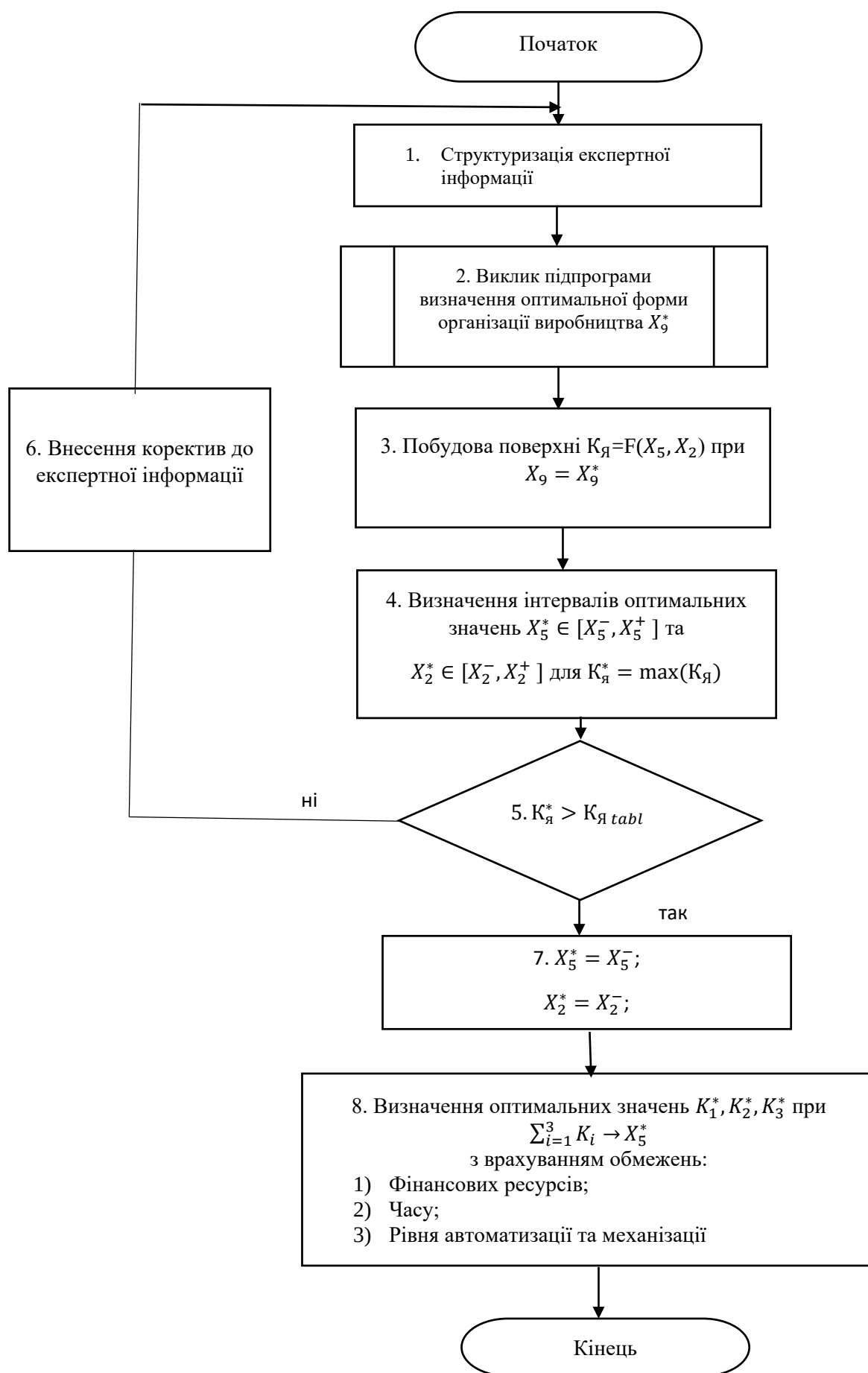


Рис. 3.11 - Алгоритм визначення оптимальних значень параметрів X_5^* , X_2^*

На 2 етапі визначається оптимальна форма організації виробництва із використанням запропонованої автоматизованої системи, що описана в п. 4.9.

Під час виконання 3 етапу в модулі роботи з нечіткими множинами Fuzzy Logic Toolbox пакету Matlab будується поверхня, що відображає залежність коефіцієнту якості $K_{\text{я}}$ від рівня забезпеченості персоналом X_5 та потужності підприємства X_2 , при фіксованій формі організації виробництва, яку було визначено на етапі 2.

На 4 етапі, за результатами аналізу поверхні, визначаються проміжки значень $X_5^* \in [X_5^-, X_5^+]$ та $X_2^* \in [X_2^-, X_2^+]$, які відповідають максимальному значенню коефіцієнта якості $K_{\text{я}}^* = \max(K_{\text{я}})$. Зазначені проміжки визначаються наступними межами: X_i^- , X_i^+ - мінімальне та максимальне значення параметру X_i відповідно.

На наступному етапі виконується порівняння коефіцієнту якості $K_{\text{я}}^*$, що отримано в процесі аналізу поверхні з табличним значенням коефіцієнту якості, що є актуальним для поточного стану підприємства. Якщо оптимальне значення менше за табличне, то це свідчить про недосконалість експертних оцінок, неврахування необхідних показників та необхідність внесення коректив до експертної інформації на етапі 6. Якщо оптимальне значення коефіцієнту якості вище за поточне, то за X_5^* та X_2^* приймаються мінімальні значення проміжків X_5^- та X_2^- відповідно.

Оскільки X_5 є інтегральним показником, що враховує наступні показники: K_1 – кількість персоналу, яка потрібна для виконання запланованих технологічних процесів; K_2 – рівень кваліфікації персоналу; K_3 – рівень забезпеченості технологічної дисципліни персоналу. На 8 етапі необхідно розв'язати задачу оптимізації. Дана задача є задачею математичного програмування, яка визначається наступним чином: знайти оптимальні значення K_1^*, K_2^*, K_3^* , які забезпечують найбільше значення цільової функції $\sum_{i=1}^3 K_i \rightarrow X_5^*$ (X_5^* – оптимальне значення рівня забезпеченості персоналом, що визначено на

етапі 7), за обмежень, що накладаються на конкретне автосервісне підприємство. Для розв'язання задачі потрібно врахувати наступні обмеження:

- обмеження фінансових ресурсів на утримання персоналу, ресурсів, що витрачаються на підвищення кваліфікації (стажування, курси, виставки), атестацію персоналу, мотиваційні заходи щодо дотримування технологічної дисципліни;
- обмеження за часом виконання технологічних процесів, резервів часу на заходи підвищення кваліфікації та термінів, що регламентують технологічну дисципліну;
- обмеження щодо персоналу, які забезпечують рівні автоматизації та механізації, не менші ніж заплановані.

3.4 Структура управління якістю на макрорівні системи автосервісу на основі нечіткої логіки

Параметри можуть мати чіткий та нечіткий опис. Застосування теорії нечітких множин для управління технологічними процесами передбачає наявність правил поведінки в формі нечітких умовних суджень типу IF...THEN. Обов'язковою умовою застосування нечітких множин є наявність функцій приналежності для нечітких суджень. Типова структура модуля нечіткого управління представлена на рис. 3.12.

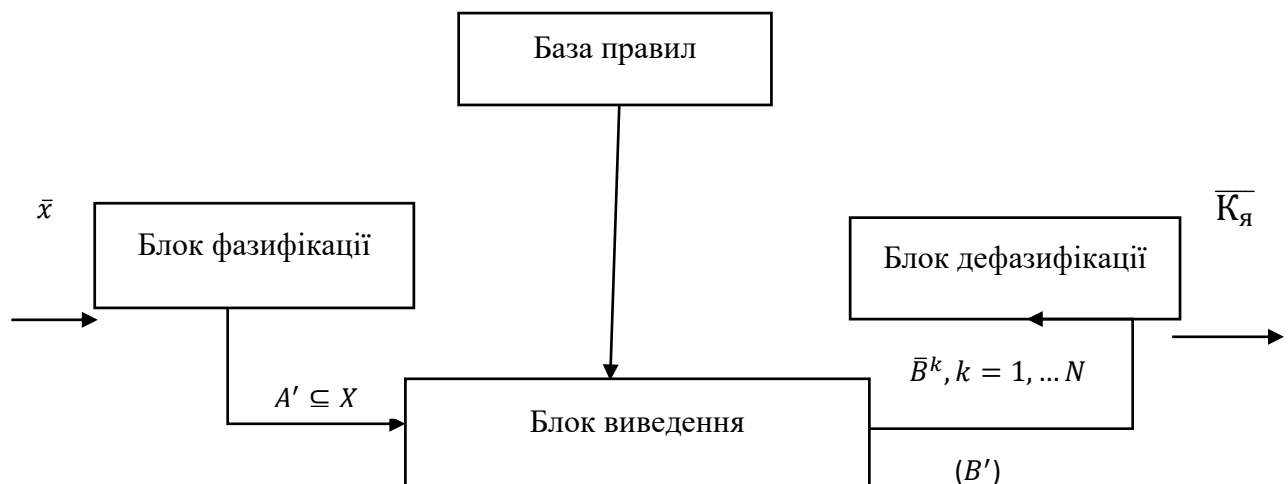


Рис. 3.12. Модуль нечіткого управління

Система управління з нечіткою логікою оперує нечіткими множинами. Тому конкретне значення $\bar{X} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n)^T \in X$ вхідного сигналу модуля нечіткого управління підлягає операції фазифікації, в результаті якої йому буде поставлено у відповідність нечітку множину $A' \in X = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$.

Якщо на вхід блоку виведення подано нечітку множину $A' \subseteq X = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$, то на виході цього блоку з'явиться відповідна нечітка множина $\bar{B}^k \subset K_{\alpha}$. Нечітка множина $\bar{B}^k$ визначається комбінацією нечіткої множини A' та відношення $R^{(k)}$, тобто

$$\bar{B}^k = A' \circ (A^k \rightarrow B^k), k = 1, \dots, N \quad (3.29)$$

На виході блоку виводу формується N чітких множин з функціями приналежності $\mu_{\bar{B}^k}(y)$, $k = 1, \dots, N$, або одна нечітка множина B' з функцією приналежності $\mu_{B'}(y)$. Постає задача відображення нечітких множин $\bar{B}^k$ (або нечіткої множини B') в єдиному значенні $\bar{K}_{\alpha}$, яке представляє собою управляючий вплив, що подається на вхід об'єкту. Таке відображення є дефазифікацією та реалізується воно в блоці дефазифікації.

Для побудови нечітких правил необхідні навчальні дані, у вигляді множини векторів

$$(X_{1p}, X_{2p} \dots X_{7p}, K_{\alpha p}), p = 1, 2, \dots, 28, \quad (3.30)$$

де x_{ip} – сигнали, що подаються на вхід модуля нечіткого управління;

$K_{\alpha p}$ – очікуване значення вихідного сигналу.

Задача полягає у формуванні таких нечітких правил, щоб побудований на їх основі модуль управління при отриманні вхідних сигналів генерував коректні вихідні сигнали.

Алгоритм побудови бази правил вхідних параметрів зображено на рис. 3.13.

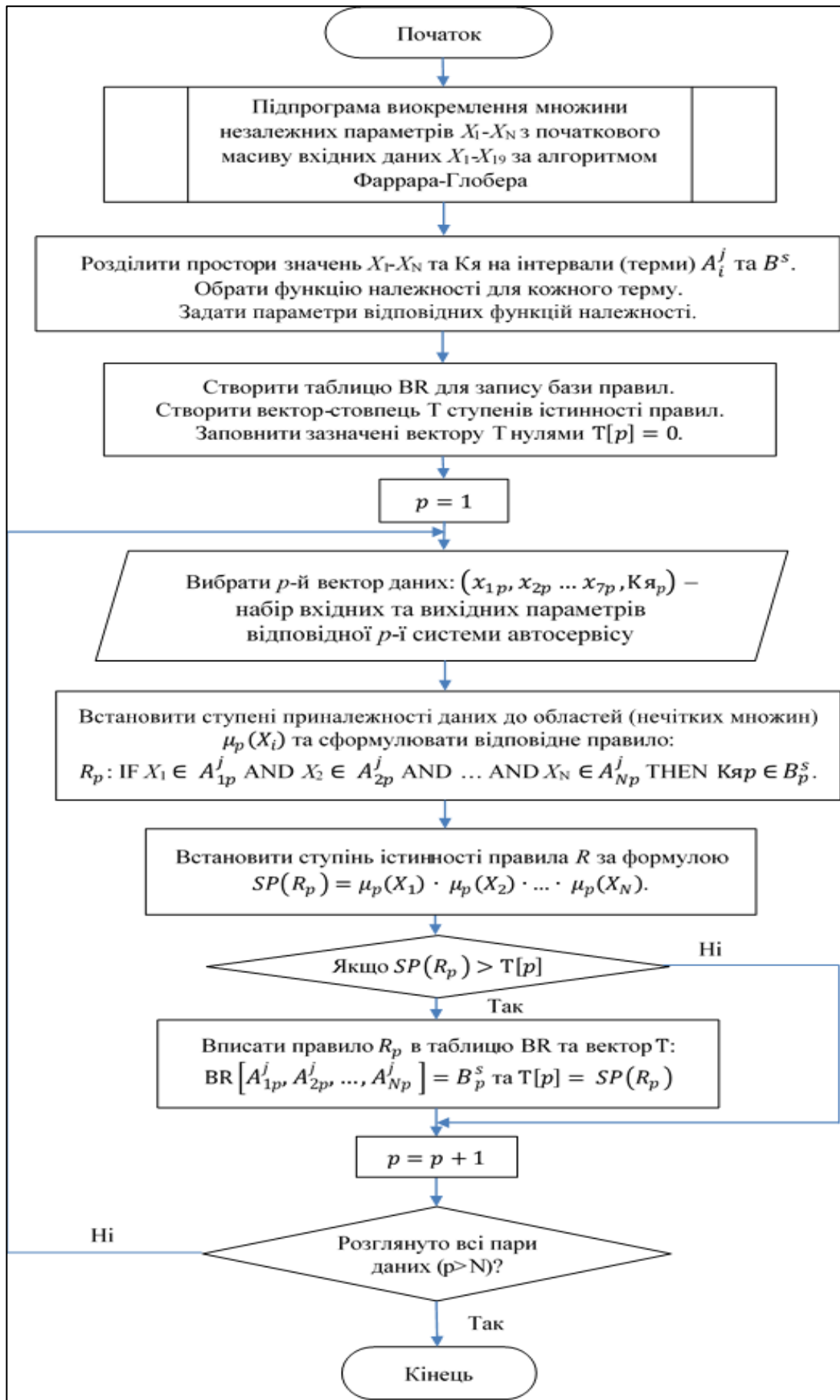


Рис. 3.13. Алгоритм побудови бази правил

Скорочення, що використовуються на рис.3.13:

i – номер вхідного параметру $i = \overline{1,7}$;

p – індекс системи автосервісу, $p = \overline{1,28}$;

j – номер терму для вхідного параметру;

A_{ip}^j – j -й терм, до якого належить значення i -го параметру, для системи автосервісу з індексом p в масиві вхідних даних;

A_p^s – s -й терм, до якого належить значення K_{α} для системи автосервісу з індексом p ;

s – номер терму вихідного параметру;

$\mu_p(X_i)$ – ступінь належності X_i до областей нечітких множин для p -ї системи автосервісу;

BR – база правил;

$SR(R_p)$ – ступінь істинності правила R_p , що побудовано для p -ї системи автосервісу;

$T[p]$ – вектор-стовпець ступенів істинності.

Побудова нечітких правил складається з наступних кроків.

Крок 1. Визначення набору незалежних параметрів системи в початковому масиві значень.

Крок 2. Розподіл простору вхідних і вихідних сигналів на області.

Якщо відомо мінімальне та максимальне значення кожного сигналу, то за ними можна визначити інтервали, в яких знаходяться допустимі значення. Тобто, для вхідного сигналу x_1 такий інтервал позначається $[x_1^-, x_1^+]$. Якщо значення x_1^- та x_1^+ невідомі, то можна скористатись навчаючими даними та обрати з них відповідно мінімальне та максимальне значення

$$x_1^- = \min(x_1), x_1^+ = \max(x_1). \quad (3.31)$$

Аналогічно для сигналу x_i , $i = 2 \dots 7$ визначають інтервал $[x_i^-, x_i^+]$, а для вихідного сигналу K_y – інтервал $[K_y^-, K_y^+]$.

Крок 3. Побудова нечітких правил на основі навчальних даних.

Спочатку визначають ступінь приналежності навчальних даних $(X_1(p), \dots, X_7(p), K_y(p))$ до кожної області, що були виділені на кроці 2. Ці ступені будуть виражатись значеннями функцій приналежності відповідних нечітких множин для кожної групи даних.

Потім необхідно поставити у відповідність навчальні дані до областей, в яких вони мають максимальні ступені приналежності. Остаточо для кожного вектору навчальних даних можна записати одне правило.

$$R_p: \text{IF } X_1 \in A_{1p}^j \text{ AND } X_2 \in A_{2p}^j \text{ AND } \dots \text{ AND } X_N \in A_{Np}^j \text{ THEN } K_{yp} \in B_p^s. \quad (3.32)$$

Крок 4. Приписування кожному правилу ступеня істинності.

Як правило, існує велика кількість векторів навчальних даних. Для кожного з них може бути сформульоване одне правило, тому є велика ймовірність того, що деякі з цих правил будуть протирічити одне одному. Це відноситься до правил з однаковими умовами, але різними висновками. Тому необхідно кожному правилу приписати ступінь істинності, щоб пізніше обрати те правило, у якого ступінь істинності буде вищий. Таким чином вирішується не тільки проблема правил, що протирічать одне одному, але й значно зменшується їх загальна кількість. Для правила, що має вигляд (3.32), ступінь істинності позначається як $SP(R)$ та розраховується за формулою:

$$SP(R_p) = \mu_p(X_1) \cdot \mu_p(X_2) \cdot \dots \cdot \mu_p(X_N). \quad (3.33)$$

Крок 5. Створення бази нечітких правил.

Спосіб побудови бази нечітких правил представлено на рис. 3.14.

p	A_1^j	A_2^j	A_3^j	$\dots$	A_N^j	B^s
1	_____	_____	_____	_____	_____	→
$\dots$						
28	_____	_____	_____	_____	_____	→

Рис.3.14. Формування бази правил

p	SP
1 →	→
$\dots$	
28 →	→

Рисунок 3.15. Вектор-стовпець ступеня істинності

База представляється таблицею, яка заповнюється нечіткими правилами наступним чином. З першого по передостанній стовпці бази (рис. 3.14) заповнюються назвами термів, на які розбито області значень вхідних параметрів. Якщо правило має вигляд (3.32), тоді в останньому стовпці бази правил (рис.3.14) вписуємо назву відповідного терму вихідного параметру. Якщо існує декілька нечітких правил з одним висновком, то обирається те, яке має вищий ступінь істинності в вектор-стовпці (рис. 3.15).

Крок 6. Дефазифікація.

Задача полягає в тому, щоб за допомогою бази правил відображення $f: (X_1, \dots, X_N) \rightarrow \overline{K}_y$, (де $\overline{K}_y$ – вихідна величина нечіткої системи) при визначенні кількісного значення вихідного параметру $\overline{K}_y$ для даних вхідних сигналів $(X_1, \dots, X_N)$ необхідно виконати операцію дефазифікації. Спочатку для вхідних сигналів $(X_1, \dots, X_N)$ з використанням операції добутку об'єднують умови k -го нечіткого правила. Таким чином визначається ступінь активності k -го правила. Його значення розраховується за формулою:

$$\tau^k = \mu_{A_1^{(k)}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_N^{(k)}}(x_N). \quad (3.34)$$

Для розрахунку вихідного значення $\overline{K}_я$ використаємо спосіб дефазифікації за середнім центром:

$$\overline{K}_я = \frac{\sum_{k=1}^{28} \tau^{(k)} \overline{K}_я^{(k)}}{\sum_{k=1}^{28} \tau^{(k)}}. \quad (3.35)$$

3.5 Перевірка адекватності математичних моделей елементів системи автосервісу

Для визначення точності пропонованої моделі необхідно розрахувати середньоквадратичне відхилення модельних значень від статистичних за формулою:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_{я\,tabl}^i - K_{я\,model}^i)^2, \quad (3.36)$$

де n – кількість АСП у вибірці;

i – індекс АСП в масиві вихідних даних;

$K_{я\,tabl}^i, K_{я\,model}^i$ – відповідно табличне та модельне значення коефіцієнту якості технологічних процесів на i -му АСП.

Для розрахунку відносного середньоквадратичного відхилення було використано формулу:

$$\bar{S}_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(K_{я\,tabl}^i - K_{я\,model}^i)^2}{(K_{я\,tabl}^i)^2} \cdot 100\%. \quad (3.37)$$

Згідно із загальними положеннями теорії експерименту вихідні дані, як правило, розподіляють на навчальну та контрольну вибірки. Алгоритми, що реалізують моделі, які побудовано на навчальній вибірці, більш адекватні до

реальних задач ніж ті, що побудовано на більшому наборі даних. Навчальна вибірка складає 75-80 % від початкової. Будемо використовувати алгоритм, за яким в навчальну послідовність потрапляють результати спостережень з більшим значенням вибіркової дисперсії, так як даний підхід є найбільш поширеним [219].

Розглянемо етапи виконання алгоритму.

Крок 1. Приймаємо співвідношення між кількістю АСП у навчальній і контрольній вибірках як 80/20. Відповідно до нього навчальна вибірка буде містити 22 підприємства, контрольна – 6 (розділ 4).

Крок 2. Для кожного вектору X_j розраховуємо середнє значення його елементів за формулою:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{28} \sum_{i=1}^{28} x_{ij}, j = \overline{1,7}. \quad (3.38)$$

Крок 3. Визначаємо вибірові дисперсії для i -го АСП:

$$D_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^7 (x_{ij} - \bar{x}_j)^2, i = \overline{1,28}. \quad (3.39)$$

Крок 4. Впорядковуємо значення вибіркової дисперсії за спаданням.

Крок 5. Виконуємо розбиття масиву початкових даних на контрольну та навчальну вибірки.

На навчальній вибірці отримуємо коефіцієнти $a_j, j = \overline{1,n}$, рівняння регресії (3.41):

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i, \quad (3.40)$$

Точність моделі оцінюється на контрольній вибірці, за формулами (3.36), (3.37).

Для нелінійних моделей оцінюється точність залежності:

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (3.41)$$

де Y – результуючий параметр моделі;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ – вектор вхідних параметрів;

n – кількість параметрів.

Для цього необхідно здійснити структурну ідентифікацію (3.41). Оскільки частина факторів є кількісною, а частина має якісний характер («низький», «середній»,...), то такі задачі називають слабо структурованими. Для їх розв’язання доцільно використовувати апарат теорії нечітких множин. Експертом наочної області задаються параметри функцій належності вхідних факторів та результуючої характеристики. Тоді моделлю шуканої залежності буде система нечітких продукційних правил, побудованих на навчальній вибірці, а прогнозі значення вихідного параметру для підприємств, що складають контрольну вибірку, шукають за одним із алгоритмів нечіткого логічного виведення.

Для побудови даного типу моделі застосовано пакет Matlab та його модуль роботи з нечіткими множинами Fuzzy Logic Toolbox, в якому передбачено використання двох алгоритмів виведення: Мамдані та Сугено [220].

З метою формування системи нечітких правил за першим алгоритмом необхідно виконати розбиття просторів вхідних та вихідного параметрів на інтервали – терми та побудувати для кожного з них функції належності. Розбиття діапазонів значень параметрів базується на результатах попереднього морфологічного аналізу. Оскільки в рамках даного дослідження модель містить 22 нечіткі правила та 7 факторів (розділ 4), то раціонально обрати трапецієподібні функції належності. В іншому випадку існує велика ймовірність, що адекватне застосування виведення Мамдані буде неможливим через використання операції знаходження мінімуму функції належності та її нульового значення.

На наступному кроці, у відповідності до вихідних даних, формуємо базу правил за виразом:

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} \in B_p^s), \quad (3.42)$$

де X_i – i -й параметр системи автосервісу;

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 системи логічного виведення Сугено для вхідних змінних моделі було застосовано розбиття на терм-множини та параметри функцій належності системи типу Мамдані.

Вихідний параметр задається набором констант, які відповідають значенням $K_{\text{я}}$ в навчальній вибірці.

Модель (3.41), у вигляді бази правил системи логічного виведення Сугено, будується за наступним принципом:

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} = K_{\text{я} \text{ tabl}}), \quad (3.43)$$

де $K_{\text{я} \text{ tabl}}$ – значення коефіцієнта якості технологічних процесів відповідного АСП з навчальної вибірки.

Вагові коефіцієнти правил дорівнюють одиниці.

Реалізація правил системи логічного виведення в системі Сугено аналогічна реалізації в системі Мамдані.

Підстановка підприємств в модулі візуалізації логічного виведення, які належать до контрольної вибірки дозволяє оцінити точність моделі. Значення середньоквадратичного відхилення та відносного квадратичного відхилення розраховується за формулами (3.36)-(3.37).

З метою вибору більш адекватної моделі при реалізації нелінійних моделей за алгоритмом Мамдані було застосовано наступні методи дефазифікації [221]:

медіани, центра ваги, найбільшого з максимумів, найменшого з максимумів, середнього з максимумів. Виведення за алгоритмами перших чотирьох методів дало похибку більшу, ніж за алгоритмом, що реалізує метод середнього з максимумів. Для системи типу Сугено використано методи дефазифікації: зваженого середнього та зваженої суми. Найбільша точність була досягнута за першим методом (розділ 4).

Визначення незалежних параметрів за алгоритмом Фаррара-Глобера [219, 222] сприяло побудові адекватних моделей та знизило складність подальших розрахунків.

3.6 Висновки до розділу 3

Визначено математичні залежності між параметрами процесів на макрорівні системи. Це дає змогу оцінити перелік всіх параметрів та взаємозв'язок між ними під час функціонування системи на макрорівні.

Розроблено функціональну модель «Контроль результатів роботи» системи автосервісу на макрорівні, в рамках якої запропоновано математичну модель оптимізації функціонування системи на основі індикаторів поточного стану. Дана модель дозволяє визначити напрями подальшої оптимізації системи автосервісу.

Розроблено функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання технологічних процесів системи автосервісу. За допомогою даної моделі можна визначити всі елементи процесу організації автосервісного підприємства та взаємозв'язок між ними.

Описано етапи методики визначення оптимальної форми організації виробництва в системі автосервісу, що надасть можливість розробити програмний комплекс, призначений для підтримки реструктуризації виробництва.

Запропоновано методику визначення оптимальних значень незалежних параметрів функціонального елементу «Автосервісне підприємство», як об'єктів управління, за оптимальної форми організації виробництва.

Розроблено алгоритм побудови бази правил для управління якістю на макрорівні системи автосервісу на основі нечіткої логіки. Даний алгоритм дає змогу описати всі можливі комбінації параметрів системи для оцінки її якості функціонування.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ

4.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є визначення розрахункових даних для побудови та перевірки адекватності математичних моделей при дослідженні впливу окремих параметрів на якість ТП, що виконуються в системі автосервісу.

У відповідності до поставленої мети, програма експериментів включала:

- визначення параметрів, що описують функціональний елемент системи «Автосервісне підприємство»; «Транспортні засоби»; «Середовище»;
- формування початкової вибірки, що утворюється з масивів значень відповідних параметрів типових автосервісних підприємств України.
- визначення незалежних параметрів, серед запропонованих;
- побудова лінійної моделі системи автосервісу у вигляді рівняння множинної регресії;
- перевірка отриманої моделі на адекватність;
- розбиття початкової вибірки на навчальну та контрольну, якщо точність моделі є незадовільною;
- уточнення лінійної моделі на навчальній вибірці;
- визначення ступеня впливу кожного з незалежних параметрів на коефіцієнт якості технологічних процесів;
- побудова нелінійних моделей на основі теорії нечітких множин;
- оцінка точності побудованих моделей на контрольній вибірці;
- вибір найбільш адекватної моделі.

Для визначення можливих шляхів покращення якості виконання ТП на АСП було застосовано метод морфологічного аналізу [119]. Даний метод дозволяє систематизувати дані, що характеризують досліджувану систему та провести аналіз її можливих конфігурацій. Для кожної з 19 морфологічних ознак системи визначено варіанти їх реалізації. Морфологічні ознаки системи «АСП – Автомобіль – Середовище» та їх можливі значення наведено в табл. 2.1.

4.2 Морфологічний аналіз системи

Розглянутий метод морфологічного аналізу дозволяє аналізувати конфігурації системи, вибирати найкращу стратегію подальшого розвитку, що є перспективним для конкретного АСП. Проте недоцільно розглядати стани системи, що містять несумісні значення ознак. До того ж, аналіз отриманої кількості варіантів системи є неекономічним за ресурсами часу.

В межах даного дослідження було проведено обстеження 28 типових для України АСП та їх оточення (табл. 4.1). Прикладом морфологічної формули, що задає один з можливих станів системи, є формула (4.1), яку отримано для автомайстерні «JWT Service», м. Черкаси, що займається обслуговуванням та ремонтом спортивних автомобілів:

$$\left[(x_{12}; x_{22}; x_{33}; x_{44}; x_{55}; x_{64}; x_{71}; x_{83}; x_{94}) + \right. \\ \left. + (x_{10\ 1}; x_{11\ 1}; x_{12\ 2}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 2}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 3}; x_{19\ 4}) \right]. \quad (4.1)$$

З метою дослідження характеру впливу визначених на стадії морфологічного аналізу суттєвих параметрів системи на результат її функціонування побудуємо математичну модель даної системи. Для цього необхідно здійснити структурну ідентифікацію (специфікацію) моделі (4.2).

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (4.2)$$

де Y – результуючий параметр моделі;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ – вектор вхідних параметрів;

n – кількість параметрів.

В якості вихідної інформації для моделі використано результати обстеження АСП та їх оточення (табл. 4.1). Кількісні параметри підсистеми «АСП» є комплексними показниками, структура яких наведена авторами в роботі [64].

Таблиця 4.1

Результати дослідження 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	
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	ОІЛЕР 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

Структурні компоненти параметрів X_3 – X_6 розраховуються як відношення фактичних значень до нормативних. Методику розрахунку відповідних нормативних значень наведено в [223]. Рівень інформаційного забезпечення X_7 є інтегральним показником наступних характеристик:

- наявність нормативної та технологічної документації;
- реалізація маркетингової діяльності (реклама, сповіщення клієнтів про акції та ін.);
- наявність автоматизованої системи управління;
- наявність зворотного зв'язку з клієнтом (анкети та ін.);
- наявність сайту.

Виходячи з якісного наповнення контенту, числове значення кожної складової приймається в межах 0-0,2.

X_8 визначається за методикою оцінювання рівня екологічної безпеки, що досліджено в [224], на основі десяти критеріїв оцінювання джерел шкідливого впливу підприємства.

Якісні параметри системи X_1, X_2, X_9 – X_{12}, X_{19} визначаються за даними анкетування, що було проведено в процесі обстеження АСП, а параметри X_{13} – X_{16} – на основі статистичної інформації, наданої обласними службами управління статистики.

Послідовність оцінки рівня логістичного потенціалу X_{17} наведено в роботі [225]. А коефіцієнт лояльності X_{18} розраховується як частка схвальних оцінок клієнтів в загальній кількості наданих послуг.

Результуючим параметром системи «АСП – Автомобіль – Середовище» виступає рівень якості виконаних послуг на АСП $K_я$. Даний параметр є комплексним показником, для розрахунку якого пропонуються формули (4.3-4.5):

$$K_я = \alpha K' + (1 - \alpha) K'', \quad (4.3)$$

де α – питома частка робіт, якість виконання яких оцінюється відділом технічного контролю (ВТК).

Розрахункові значення показника рівня якості K' та коефіцієнта схвальних оцінок замовників K'' повинні задовольняти наступним вимогам:

$$K' = \min(K'_i), \quad (4.4)$$

$$K'' = \min(K''_j), \quad (4.5)$$

де K'_i – показник рівня якості i -ї роботи, що виконано відповідно до вимог нормативно-технічної документації і було здано до ВТК;

K''_j – коефіцієнт схвальних оцінок замовників j -ї роботи (послуги).

Методику розрахунку K'_i та K''_j наведено в [36].

Залежність, що описує вплив параметрів на коефіцієнт якості виконання технологічних процесів, може бути як лінійною, так і нелінійною. Побудуємо моделі для першого та другого випадку та виконаємо їх порівняльний аналіз.

4.3 Визначення набору незалежних параметрів системи

Одним із способів отримання математичної моделі системи є її представлення у вигляді лінійної множинної регресії (4.6):

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i, \quad (4.6)$$

де n – кількість факторів, які буде враховано;

a_i – невідомі коефіцієнти.

Побудова даного виду моделі здійснюється з використанням методу найменших квадратів. Ефективне та адекватне застосування методу найменших

квадратів пов'язано із використанням в моделі (4.6) незалежних факторів. Для їх визначення використаємо алгоритм Фаррара-Глобера [219, 222]. Зазначений алгоритм на основі використання статистичних критеріїв дозволяє виявити три види кореляційного взаємозв'язку між параметрами системи: мультиколінеарність у всьому масиві вхідних даних, мультиколінеарність кожного параметру з усіма та лінійну залежність між кожною парою параметрів. Залежні змінні вилучаються із подальшого розгляду. Зауважимо, що процедура вилучення є суб'єктивізованою і єдиним критерієм її ефективності є відсутність мультиколінеарності у новому (скороченому) наборі вхідних параметрів.

I ітерація.

Крок 1. Нормуємо та центруємо значення параметрів за формулою:

$$x_{ik}^H = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{\delta_k}, \quad 1 \leq k \leq 19, 1 \leq i \leq 28, \quad (4.7)$$

де x_{ik}^H – нормоване значення k -го параметру i -го АСП;

x_{ik} – початкове значення k -го параметру i -го АСП;

$\bar{x}_k$ – середнє значення k -го параметру;

δ_k – дисперсія k -го параметру.

Крок 2. Знаходимо вибіркoву кореляційну матрицю:

$$\hat{R} = \frac{1}{n} (X^H)^T X^H, \quad (4.8)$$

де n – кількість АСП, $n = 28$.

Крок 3. Розраховуємо значення критерію Пірсона χ^2 :

$$\chi^2 = - \left(n - 1 - \frac{1}{6} (2m + 5) \right) \ln |\hat{R}|, \quad (4.9)$$

де m – кількість вхідних параметрів;

n – кількість спостережень.

Порівнюємо його з табличним значенням при $\frac{1}{2}m(m-1) = 171$ ступенях свободи і рівні значущості α . Якщо $\chi^2 > \chi_{tabl}^2$, то у векторі вхідних факторів є мультиколінеарність.

При $m = 19, n = 28, \alpha = 0,05$ отримано наступне значення критерію:

$$\chi^2 = -\left(28 - 1 - \frac{1}{6}(2 \cdot 19 + 5)\right) \ln(4 \cdot 10^{-10}) = 430,11. \quad (4.10)$$

Оскільки $\chi^2 > \chi_{tabl}^2(171; 0,05) = 202,513$, то мультиколінеарність у масиві вхідних змінних наявна.

Крок 4. Визначаємо обернену матрицю $D = \hat{R}^{-1}$.

Крок 5. Обчислюємо значення F -критерію Фішера для k -го параметру за формулою:

$$F_k = |d_{kk} - 1| \frac{n-m}{m-1}, \quad (4.11)$$

де d_{kk} – діагональні елементи матриці D , $1 \leq k \leq 19$;

n – кількість АСП, $n = 28$;

m – кількість вхідних параметрів системи, $m = 19$.

Результати розрахунку F_k наведено в табл. 4.2.

Розраховані значення критерію порівнюються з табличними при $(n - m) = 9$ та $(m - 1) = 18$ ступенях свободи і рівні значущості $\alpha = 0,05$. Табличне значення $F_{tabl}(0,05; 9; 18) = 2,96$. Якщо для k -го параметру $F_k > F_{tabl}$ (в табл. 4.5 виділено жирним), то даний параметр вважається мультиколінеарним з іншими. Вочевидь, що найбільш мультиколінеарними з іншими є параметри $X_3, X_7, X_8, X_{13} - X_{16}, X_{18}$.

Крок 6. Знаходимо вибіркові часткові коефіцієнти кореляції:

$$\hat{P}_{kj} = \frac{-d_{kj}}{\sqrt{d_{kk} \cdot d_{jj}}}, \quad 1 \leq k \leq 19, \quad 1 \leq j \leq 19. \quad (4.12)$$

Крок 7. Обчислюємо значення t -критерію Ст'юдента за формулою (4.13):

$$t_{kj} = \frac{\hat{P}_{kj} \sqrt{n-m}}{\sqrt{1-\hat{P}_{kj}^2}}. \quad (4.13)$$

Розраховані значення t_{kj} (табл. 4.2) порівнюються з табличним при $(n - m) = 9$ ступенях свободи і рівні значущості $\alpha = 0,05$. Якщо $|t_{kj}| > t_{tabl}(0,05; 9) = 1,833$, то між X_k та X_j існує мультиколінеарність. У табл. 5 значення, що за модулем перевищують табличне, виділено жирним.

Для кожного стовпця табл. 4.3 знаходимо суми S_j значень критеріїв Ст'юдента t_{jk} , які за модулем перевищують табличне значення (табл. 4.2.):

$$S_j = \sum_{k=1}^{19} t_{jk} \quad \text{якщо } |t_{jk}| > t_{tabl}, \quad k = \overline{1, 19}. \quad (4.14)$$

Суми впорядковуємо за спаданням

Враховуючи значення F_k , $k = \overline{1, 19}$ (табл. 4.4), з подальшого розгляду вилучаємо вхідні параметри, яким відповідає найбільша сума S_j : X_8, X_{14}, X_{18} .

Необхідно перевірити на мультиколінеарність відкоригований масив вхідних даних: $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{19}$.

Таблиця 4.2

Значення критерію Фішера для k -го параметру на I ітерації алгоритму

F_k	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}	F_{15}	F_{16}	F_{17}	F_{18}	F_{19}
Значення	4,6	3,3	6,5	2,4	2,3	2,0	10,4	5,9	2,4	0,5	1,8	2,2	5,6	10,5	10,4	14,8	3,6	4,7	1,7

Таблиця 4.3

Значення t -критерію Ст'юдента t_{kj} на I ітерації

$X_j \backslash X_k$	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}
X_1	0	0,472	1,486	1,361	-1,106	-0,703	2,330	-1,523	0,806	0,545	-0,381	-1,638	1,913	0,229	-0,227	-1,599	-1,121	-3,051	0,766
X_2	0,472	0	0,215	-0,426	1,313	0,352	0,516	1,770	0,659	-0,566	1,146	1,627	0,904	-0,801	-1,397	0,122	-1,001	0,876	-2,072
X_3	1,486	0,215	0	-0,992	1,716	1,041	0,200	0,987	-0,064	-0,827	0,251	0,667	-1,236	0,578	0,552	0,291	-0,331	2,149	-0,195
X_4	1,361	-0,426	-0,992	0	1,750	0,765	-0,575	0,575	-1,040	-0,907	-0,704	0,381	-0,556	0,394	0,474	0,672	0,692	1,722	-0,120
X_5	-1,106	1,313	1,716	1,750	0	-0,219	0,037	-1,562	0,271	0,616	-0,911	-1,569	-0,373	-0,435	-0,069	0,255	0,912	-2,069	1,588
X_6	-0,703	0,352	1,041	0,765	-0,219	0	0,316	-0,386	0,340	0,589	-0,229	0,264	0,599	0,190	0,026	-0,443	0,676	-0,278	-0,198
X_7	2,330	0,516	0,200	-0,575	0,037	0,316	0	1,194	-1,369	-0,067	0,441	0,510	-0,781	0,331	0,695	0,482	1,659	0,990	-0,364
X_8	-1,523	1,770	0,987	0,575	-1,562	-0,386	1,194	0	-0,382	0,910	-1,585	-3,034	-0,086	-0,039	0,629	0,060	0,402	-2,343	2,721
X_9	0,806	0,659	-0,064	-1,040	0,271	0,340	-1,369	-0,382	0	-1,008	-1,048	-0,679	-0,711	1,305	2,691	0,087	0,842	-0,082	0,564
X_{10}	0,545	-0,566	-0,827	-0,907	0,616	0,589	-0,067	0,910	-1,008	0	-0,109	0,247	-0,169	1,176	0,799	-0,484	0,037	0,521	-0,763
X_{11}	-0,381	1,146	0,251	-0,704	-0,911	-0,229	0,441	-1,585	-1,048	-0,109	0	-0,090	-0,053	-0,016	0,017	0,046	0,112	-0,040	0,174
X_{12}	-1,638	1,627	0,667	0,381	-1,569	0,264	0,510	-3,034	-0,679	0,247	-0,090	0	0,031	0,660	1,056	-0,605	0,384	-2,669	1,783
X_{13}	1,913	0,904	-1,236	-0,556	-0,373	0,599	-0,781	-0,086	-0,711	-0,169	-0,053	0,031	0	-0,516	0,774	2,475	1,684	0,703	1,025
X_{14}	0,229	-0,801	0,578	0,394	-0,435	0,190	0,331	-0,039	1,305	1,176	-0,016	0,660	-0,516	0	-4,072	3,562	0,407	0,201	-0,112
X_{15}	-0,227	-1,397	0,552	0,474	-0,069	0,026	0,695	0,629	2,691	0,799	0,017	1,056	0,774	-4,072	0	1,316	-0,379	0,553	-1,055
X_{16}	-1,599	0,122	0,291	0,672	0,255	-0,443	0,482	0,060	0,087	-0,484	0,046	-0,605	2,475	3,562	1,316	0	-1,375	-0,952	-0,540
X_{17}	-1,121	-1,001	-0,331	0,692	0,912	0,676	1,659	0,402	0,842	0,037	0,112	0,384	1,684	0,407	-0,379	-1,375	0	-0,119	-0,502
X_{18}	-3,051	0,876	2,149	1,722	-2,069	-0,278	0,990	-2,343	-0,082	0,521	-0,040	-2,669	0,703	0,201	0,553	-0,952	-0,119	0	1,192
X_{19}	0,766	-2,072	-0,195	-0,120	1,588	-0,198	-0,364	2,721	0,564	-0,763	0,174	1,783	1,025	-0,112	-1,055	-0,540	-0,502	1,192	0

Таблиця 4.4

Суми абсолютних значень t -критерію S_j , що перевищують t_{tabl} , на I ітерації

Параметр	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}
S_j	7,294	2,072	2,149	0	2,069	0	2,330	8,098	2,691	0	0	5,703	4,388	7,634	6,763	6,036	0	12,282	4,793

II ітерація.

Повторюємо кроки 1-3. Таким чином, розраховуємо значення критерію Пірсона:

$$\chi^2 = -\left(28 - 1 - \frac{1}{6}(2 \times 16 + 5)\right) \times \ln(6,88 \times 10^{-7}) = 295,61.$$

Порівнюємо його з табличним значенням $\chi_{tabl}^2(120, 0,05) = 147$ при

$$\frac{1}{2} \times m(m-1) = \frac{1}{2} \times 16(16-1) = 120$$

ступенях свободи і рівні значущості 0,05. Оскільки $\chi^2 > \chi_{tabl}^2$, то мультиколінеарність у масиві вхідних змінних залишається.

В результаті виконання кроків 4, 5 отримуємо значення критерію Фішера (табл. 4.5) для 16 параметрів.

Таблиця 4.5

Значення критерію Фішера для k -го параметру на II ітерації алгоритму

F_k	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{15}	F_{16}	F_{17}	F_{19}
Значення	3,2	5,9	2,5	2,0	3,2	13,8	2,9	0,4	2,0	0,8	7,8	4,5	6,7	5,5	1,1	3,2

Розраховані значення критерію порівнюються з табличним при

$$(n - m) = 28 - 16 = 12 \text{ та } (m - 1) = 16 - 1 = 15$$

ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Табличне значення $F_{tabl}(0,05; 12; 15) = 2,617$. Лінійно залежними з іншими є змінні: $X_1, X_2, X_5, X_6, X_7, X_{12}, X_{13}, X_{15}, X_{16}, X_{19}$ (значення в табл. 4.5 виділено жирним).

На кроках 6, 7 обчислюємо значення критерію Стюдента та суми значень даного критерію, які за модулем перевищують табличне значення, для кожного

j -го фактору (табл. 4.6). $t_{tabl}(0,05; 12) = 1,782$ при 12 ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Таблиця 4.6

Суми значень t -критерію, що перевищують t_{tabl} , на II ітерації

Параметр	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{19}
S_j	0	0	0	0	0	7,18	9,24	0	1,95	0	12,29	12,38	16,84	8,19	0	0

З табл. 4.9 вилучаємо ті фактори, яким відповідає найбільша сума S_j , якщо вони входять до переліку залежних параметрів за критерієм Фішера.

В масиві вихідних даних залишаємо наступні фактори: $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{17}, X_{19}$.

III ітерація.

Результат виконання кроків 1-3:

$$\chi^2 = - \left(28 - 1 - \frac{1}{6} (2 \times 13 + 5) \right) \times \ln(6,52 \times 10^{-5}) = 210,44.$$

Порівнюємо його з табличним значенням при $\frac{1}{2} \times m(m-1) = \frac{1}{2} \times 13(13-1) = 78$ ступенях свободи і рівні значущості 0,05. Оскільки $\chi^2 > \chi_{tabl}^2(78, 0,05) = 99,62$, то мультиколінеарність у масиві вхідних змінних на III ітерації залишається.

Результат виконання кроків 4,5: розраховані значення критерію (табл. 4.7) порівнюються з табличними при

$$(n - m) = 28 - 13 = 15 \text{ та } (m - 1) = 13 - 1 = 12$$

ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Таблиця 4.7

Значення критерію Фішера для k -го параметру на III ітерації алгоритму

F_k	F_1	F_3	F_4	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{17}	F_{18}	F_{19}
Значення	4,4	8,7	3,2	2,7	4,6	13,0	1,9	0,5	1,5	1,1	2,9	5,7	0,8

Табличне значення $F_{tabl}(0,05; 15; 12) = 2,475$. Лінійно залежними з іншими є змінні: $X_1, X_3, X_4, X_6, X_7, X_8, X_{17}, X_{18}$ (значення в табл. 4.7 виділено жирним).

Кроки 6, 7: перевіримо фактори, що залишились на мультиколінеарність за критерієм Стюдента. Обчислюємо значення критерію та суми значень, які за модулем перевищують табличне, для кожного j -го фактору (табл. 4.8). $t_{tabl}(0,05; 15) = 1,753$ при 15 ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Таблиця 4.8

Суми значень t -критерію, що перевищують t_{tabl} , на III ітерації

Параметр	X_1	X_3	X_4	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{17}	X_{18}	X_{19}
S_j	2,03	2,61	1,95	1,95	1,78	6,57	2,80	0	0	0	2,80	3,71	0

З розгляду вилучаємо змінні, яким відповідає найбільша сума S_j , якщо вони входять до переліку залежних параметрів за критерієм Фішера.

В масиві вихідних даних залишаємо наступні змінні: $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{19}$.

IV ітерація.

Результат виконання кроків 1-3:

$$\chi^2 = -\left(28 - 1 - \frac{1}{6}(2 \times 10 + 5)\right) \times \ln(9,83 \times 10^{-3}) = 105,5401.$$

Порівнюємо його з табличним значенням при $\frac{1}{2} \times 10(10 - 1) = 45$ ступенях свободи і рівні значущості 0,05. Оскільки $\chi^2 > \chi_{tabl}^2(45, 0,05) = 61,656$, то мультиколінеарність у масиві вхідних змінних на IV ітерації залишається.

Результат виконання кроків 4,5: розраховані значення критерію Фішера (табл. 4.9) порівнюються з табличними при

$$(n - m) = 28 - 10 = 18 \text{ та } (m - 1) = 10 - 1 = 9$$

ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Табличне значення $F_{tabl}(0,05; 18; 9) = 2,4563$. Лінійно залежними з іншими є змінні: X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 (значення в табл. 8 виділено жирним).

Таблиця 4.9

Значення критерію Фішера для k -го параметру на IV ітерації алгоритму

F_k	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{19}
Значення	3,58	7,85	3,85	2,71	5,33	1,18	0,53	0,99	1,50	0,91

Кроки 6, 7: обчислюємо значення критерію Стюдента та суми значень, які за модулем перевищують табличне, для кожного j -го фактору (табл. 4.10). $t_{tabl}(0,05; 18) = 1,734$ при 18 ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Таблиця 4.10

Суми значень t -критерію, що перевищують t_{tabl} , на IV ітерації

Параметр	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{19}
S_j	2,75	6,32	4,40	2,00	6,03	1,74	1,74	0	3,56	0

З розгляду вилучаємо змінні X_3, X_4, X_6 , так як вони входять до переліку залежних параметрів за критерієм Фішера та їм відповідають найбільші значення суми S_j . В масиві вихідних даних залишаємо наступні змінні: $X_2, X_5, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{19}$.

V ітерація.

Результат виконання кроків 1-3:

$$\chi^2 = -\left(28 - 1 - \frac{1}{6}(2 \times 7 + 5)\right) \times \ln(3,06 \times 10^{-1}) = 28,224.$$

$\chi^2 < \chi^2_{tabl}(21, 0,05) = 32,67$ при $\frac{1}{2} \times m(m-1) = \frac{1}{2} \times 7(7-1) = 21$ ступенях свободи і рівні значущості 0,05.

Тому робимо висновок про відсутність мультиколінеарності у відкоригованому масиві вхідних змінних, який складається з наступних параметрів: $X_2, X_5, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{19}$. На цьому виконання алгоритму завершено.

4.4 Побудова лінійної моделі

Побудуємо модель системи «АСП – Автомобіль – Середовище» у вигляді лінійної множинної регресії:

$$K_{\text{я}} = a_0 + a_2 X_2 + a_5 X_5 + a_9 X_9 + a_{10} X_{10} + a_{11} X_{11} + a_{12} X_{12} + a_{19} X_{19}. \quad (4.15)$$

Коефіцієнти моделі (4.15) знаходимо за формулою [219, 222]:

$$A = (a_0, a_2, a_5, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}, a_{19}) = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot K_{\text{я}}, \quad (4.16)$$

де X – матриця, що складається з векторів-стовпців незалежних параметрів, визначених на останній ітерації алгоритму Фаррара-Глобера;

$K_{\text{я}}$ – вектор-стовпець рівнів якості виконаних послуг на кожному АСП (табл. 4.1).

Таким чином, отримаємо наступну модель:

$$K_{\text{я}} = 0,3935 + 0,0308 \cdot X_2 + 0,1554 \cdot X_5 + 0,0288 \cdot X_9 + \\ + 0,05691 \cdot X_{10} - 0,0128 \cdot X_{11} - 0,071 \cdot X_{12} + 0,0009 \cdot X_{19}. \quad (4.17)$$

Середньоквадратичне відхилення модельних значень від табличних розраховується за формулою:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_{\text{я} \text{ tabl}}^i - K_{\text{я} \text{ model}}^i)^2, \quad (4.18)$$

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.

При реалізації моделі на початковій вибірці $\bar{\sigma} = 0,0172$.

Для розрахунку відносного середньоквадратичного відхилення використано формулу

$$S_r = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{(K_{\text{я} \text{ tabl}}^i - K_{\text{я} \text{ model}}^i)^2}{(K_{\text{я} \text{ tabl}}^i)^2} \cdot 100\%. \quad (4.19)$$

Графічне відображення результатів моделювання представлено на рис. 4.1-4.2.

Отримана модель має велику похибку та не може бути застосована для малих авторемонтних майстерень гаражного типу.

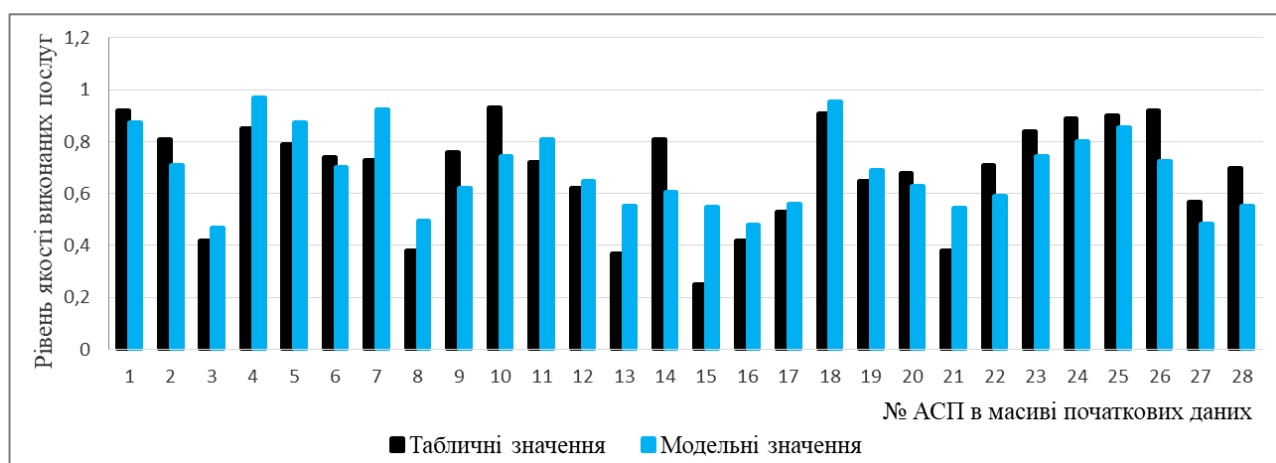


Рис. 4.1. Порівняння табличних та модельних значень рівня якості виконаних послуг при побудові лінійної моделі

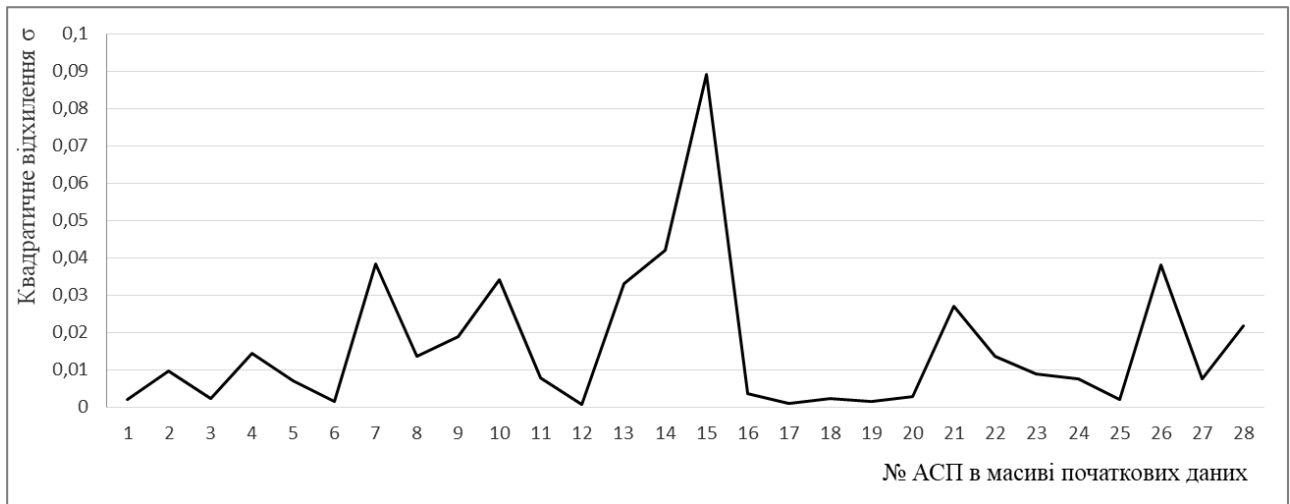


Рис. 4.2. Похибка лінійної моделі, що побудовано на початковій виборці

4.5 Розбиття вихідної вибірки на навчальну та контрольну

Згідно із загальними положеннями теорії експерименту вихідні дані, як правило, розподіляють на навчальну та контрольну вибірки. Алгоритми, що реалізують моделі, які побудовано на навчальній виборці, більш адекватні до реальних задач ніж ті, що побудовано на більшому наборі даних. Навчальна вибірка складає 75-80 % від початкової. Будемо використовувати алгоритм, за яким в навчальну послідовність потрапляють результати спостережень з більшим значенням вибіркової дисперсії, так як даний підхід є найбільш поширеним [219]. Розглянемо етапи виконання алгоритму.

Крок 1. Приймаємо співвідношення між кількістю АСП у навчальній і контрольній вибірках як 80/20. Відповідно до нього навчальна вибірка буде містити 22 підприємства, контрольна – 6.

Крок 2. Для кожного вектору X_j розраховуємо середнє значення його елементів (табл. 4.11):

$$\bar{x}_j = \frac{1}{28} \sum_{i=1}^{28} x_{ij}, j = \overline{1,6}. \quad (4.20)$$

Крок 3. Визначаємо вибіркової дисперсії для i -го АСП (табл. 4.11):

$$D_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^6 (x_{ij} - \bar{x}_j)^2, i = \overline{1,28}. \quad (4.21)$$

Таблиця 4.11

Результати розбиття початкової вибірки

i	Назва АСП	X_2	X_5	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{19}	Вибіркова дисперсія D_i
1	JWT Service	2	2,42	4	1	1	2	4	1,90778
2	АТЛ Автосервіс	4	1,44	1	2	4	3	3	0,95307
3	ТОВ "Боярд і К"	1	0,4	4	1	1	3	1	2,16274
4	КОЛОС-АВТО	3	1,9	3	2	4	1	3	0,8453
5	ТОВ «Бурос»	5	0,86	3	2	4	1	3	1,41931
6	ДП «ЧАРЗ-АВТО»	2	1,14	3	3	1	3	3	0,93351
7	ПАТ «Черкаси-АВТО»	7	1,79	3	2	4	3	3	3,24198
8	V12.	2	0,67	1	2	1	3	1	1,51597
9	ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС»	4	0,61	2	2	4	3	3	0,5941
10	Автомийка самообслуговування «Шампунь»	3	1,21	2	3	4	3	1	0,93817
11	OILER Деміївка	5	0,92	3	2	4	2	3	1,08427
12	ТОВ «Дніпромотор»	3	0,72	1	2	4	2	3	0,73748
13	«СТО-35 км»	3	0,58	1	2	4	3	5	1,70505
14	«Шиномонтаж мобільний»	1	0,63	4	2	4	3	3	1,32983
15	ПП «Гараж»	1	0,51	4	2	1	3	1	1,97699
16	«РИВЬЕРА»	1	0,76	1	2	1	3	5	2,55577
17	Шиномонтаж (Чорновола, 10)	1	0,8	2	2	4	3	1	1,3865
18	Garant Auto Technic	6	1,7	3	2	4	2	4	2,33794
19	ФОП «Ольвія»	1	0,77	3	3	1	2	2	1,43603
20	Автомийка «НЕПТУН»	3	0,85	2	2	4	3	3	0,384
21	Шиномонтаж «Шипшина»	1	0,7	2	2	4	3	2	1,03687
22	Шиномонтаж «Твоя шина»	2	0,82	2	2	4	3	3	0,52826
23	«Інтер Дизель»	2	0,94	3	3	1	2	2	0,95301
24	«Мотор-Газ»	5	1,05	3	2	2	2	1	1,29897
25	VipGaz	7	1	3	2	2	2	1	3,34576
26	Tesla Service	4	1,07	3	1	3	2	4	0,78763
27	ПП Горобець	1	0,5	4	1	1	3	1	2,14523
28	ФОП Овчаренко С. С.	2	0,55	1	2	1	2	3	1,14963
$\bar{x}_j$		2,929	0,975	2,536	2	2,75	2,5	2,571	

Крок 4. Впорядковуємо табл. 4.11 за спаданням значень вибіркової дисперсії.

Крок 5. Виконуємо розбиття масиву початкових даних. Наступні типові підприємства мають найменші значення вибіркової дисперсії: «КОЛОС-АВТО» (м. Черкаси), спеціалізоване АСП «Авторейка» (м. Черкаси), ТОВ «Дніпромотор» (м. Дніпро), автомийка «НЕПТУН» (м. Черкаси), шиномонтаж «Твоя шина» (м. Черкаси) та «Tesla Service» (м. Київ). Зазначені АСП складуть контрольну вибірку (в табл. 4.11 виділені іншим кольором), всі інші – навчальну.

На навчальній вибірці отримано наступну модель:

$$K_{\text{я}} = 0,50551 + 0,0137 \cdot X_2 + 0,2263 \cdot X_5 + 0,0216 \cdot X_9 + \\ + 0,0796 \cdot X_{10} + 0,0152 \cdot X_{11} - 0,123 \cdot X_{12} - 0,0189 \cdot X_{19}. \quad (4.22)$$

Одержана модель незначуще відрізняється від моделі (4.17). Для шести АСП контрольної вибірки середньоквадратична помилка $\sigma_{linear} = 0,032254$. Відносне квадратичне відхилення $S_r^{linear} = 5,1 \%$.

4.6 Побудова моделі функціонування автосервісного підприємства на основі теорії нечітких множин

Розглянемо ще один спосіб ідентифікації моделі (4.2). Оскільки частина факторів є кількісною, а частина має якісний характер («низький», «середній»,...), то подібні задачі називають слабо структурованими. Для їх розв'язання доцільно використовувати апарат теорії нечітких множин. Експертом наочної області задаються параметри функцій належності вхідних факторів та результуючої характеристики. Тоді моделлю шуканої залежності буде система нечітких продукційних правил, побудованих на навчальній вибірці, а прогнозні значення вихідного параметру для підприємств, що складають контрольну вибірку, шукають за одним із алгоритмів нечіткого логічного виведення.

Для побудови даного типу моделі застосовано пакет Matlab та його модуль роботи з нечіткими множинами Fuzzy Logic Toolbox, в якому передбачено використання двох алгоритмів виведення: Мамдані та Сугено [220].

З метою формування системи нечітких правил за першим алгоритмом необхідно виконати розбиття просторів вхідних та вихідного параметрів на інтервали – терми та побудувати для кожного з них функції належності μ . Розбиття базується на результатах попереднього морфологічного аналізу (табл. 2.1). Оскільки в рамках даного дослідження модель містить 22 нечіткі правила та 7 факторів, то раціонально обрати трапецієподібні функції належності. В іншому випадку існує велика ймовірність, що адекватне застосування виведення Мамдані буде неможливим через використання операції знаходження мінімуму функції належності та її нульового значення.

Трапецієподібна функція належності (ТФН) визначається п'ятіркою елементів: a, b, c, d , та h . Висота $h = 1$. Інші параметри задаються в редакторі функцій належності Membership Function Editor модуля Fuzzy Logic Toolbox відповідно до рис. 4.3.

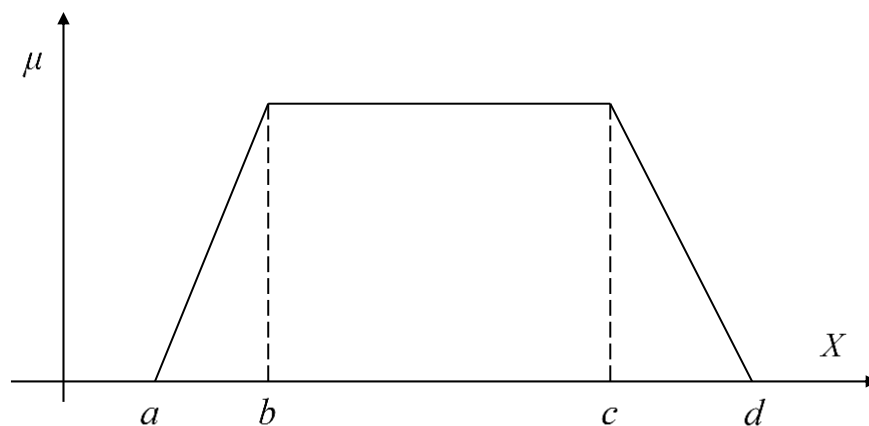


Рис. 4.3. Загальний вигляд трапецієподібної функції належності

В табл. 4.12 наведено параметри ТФН окремих термів A_i^j ($i \in \{2, 5, 9, 10, 11, 12, 19\}, j = \overline{1, k^i}$), що було визначено із залученням експертів – працівників АСП. При цьому k^i – кількість термів i -го фактору. Терм A_i^j однозначно відповідає j -му варіанту i -ї морфологічної ознаки x_{ij} .

Таблиця 4.12

Параметри ТФН термів вхідних факторів системи

Фактор X_i	Терм A_i^j	Параметри функції належності μ			
		a	b	c	d
X_2	A_2^1	0	0,5	1,5	8
	A_2^2	0	1,5	2,5	8
	A_2^3	0	2,5	3,5	8
	A_2^4	0	3,5	4,5	8
	A_2^5	0	4,5	5,5	8
	A_2^6	0	5,5	6,5	8
	A_2^7	0	6,5	7,5	8
X_5	A_5^1	0	0,1	0,4	2,5
	A_5^2	0	0,41	0,6	2,5
	A_5^3	0	0,61	0,8	2,5
	A_5^4	0	0,81	1	2,5
	A_5^5	0	1,01	2,49	2,5
X_9	A_9^1	0	0,5	1,5	5
	A_9^2	0	1,5	2,5	5
	A_9^3	0	2,5	3,5	5
	A_9^4	0	3,5	4,5	5
X_{10}	A_{10}^1	0	0,5	1,5	4
	A_{10}^2	0	1,5	2,5	4
	A_{10}^3	0	2,5	3,5	4
X_{11}	A_{11}^1	0	0,5	1,5	5
	A_{11}^2	0	1,5	2,5	5
	A_{11}^3	0	2,5	3,5	5

Продовження табл. 4.12

	A_{11}^4	0	3,5	4,5	5
X_{12}	A_{12}^1	0	0,5	1,5	4
	A_{12}^2	0	1,5	2,5	4
	A_{12}^3	0	2,5	3,5	4
X_{19}	A_{19}^1	0	0,5	1,5	6
	A_{19}^2	0	1,5	2,5	6
	A_{19}^3	0	2,5	3,5	6
	A_{19}^4	0	3,5	4,5	6
	A_{19}^5	0	4,5	5,5	6

Аналогічно, для коефіцієнта якості виконаних послуг $K_{\text{я}}$ визначено та побудовано функції належності п'яти термів B^s ($s = \overline{1,5}$): дуже низький, низький, середній, високий та дуже високий (рис. 4.4).

На наступному кроці у відповідності до вихідних даних (табл. 4.1) та табл. 4.12 сформовано базу правил, яким у загальному вигляді відповідає наступний вираз:

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} \in B_p^s), \quad (4.23)$$

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 .

Побудовані нечіткі логічні правила системи типу Мамдані, які у своїй сукупності є моделлю (4.2), наведено на рис. 4.5. Правила приймаються рівнозначними, тому вага кожного правила $W_p = 1$, $p = \overline{1,22}$.

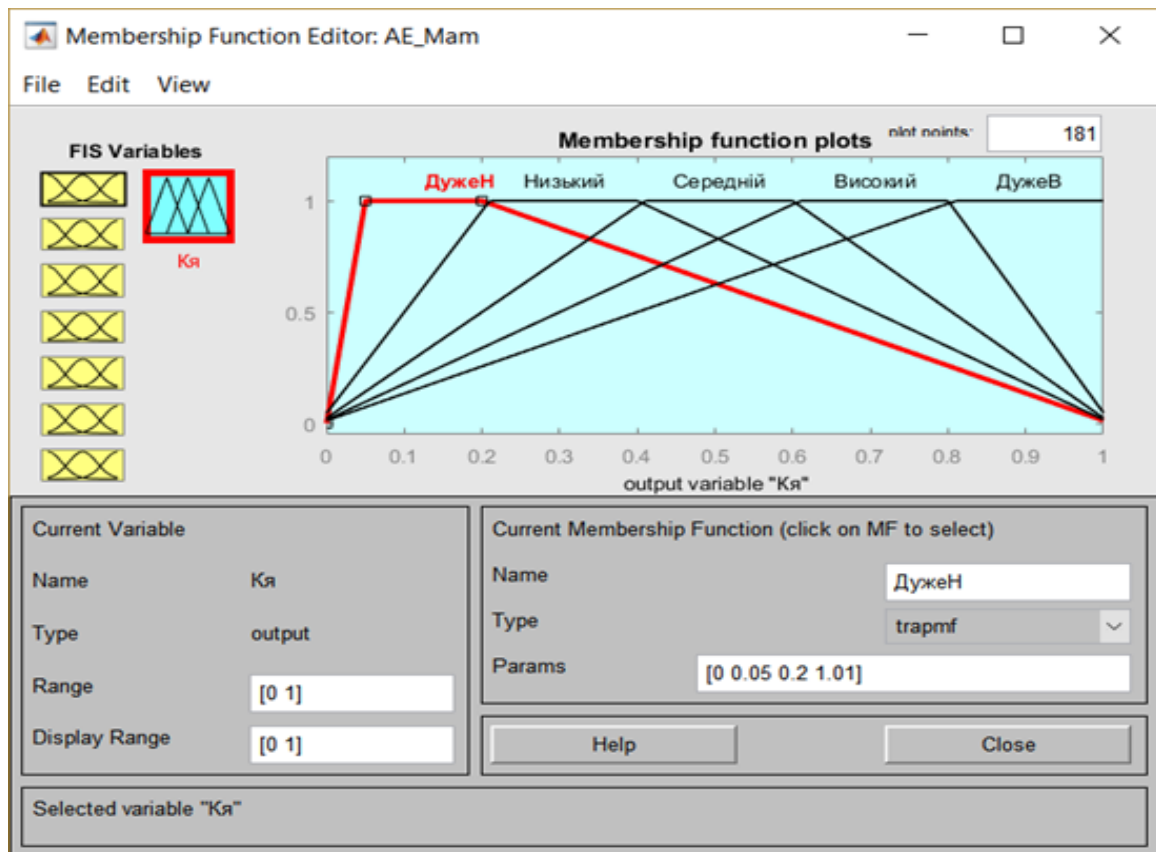


Рис. 4.4. Функції належності виходу моделі типу Мамдані

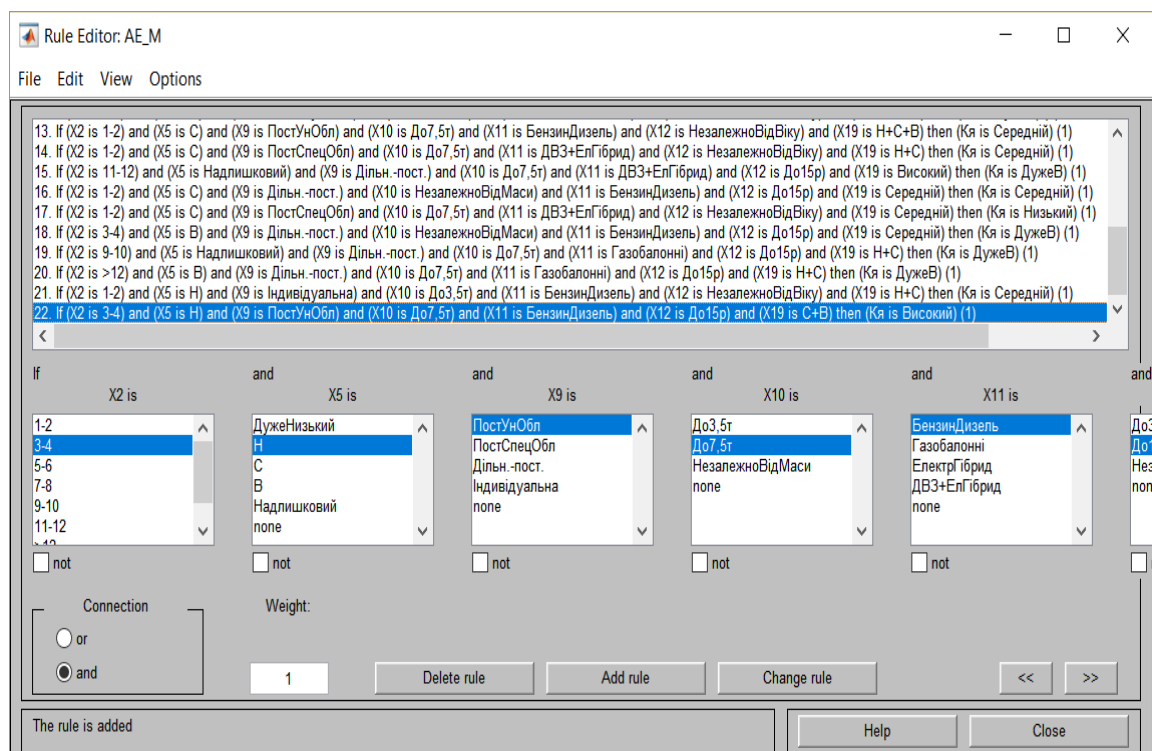


Рис. 4.5. Нечіткі правила виведення моделі типу Мамдані

При побудові системи логічного виведення Сугено для входних змінних моделі було застосовано розбиття на терм-множини та параметри функцій належності системи типу Мамдані. Вихідний параметр задається набором

констант, які відповідають значенням $K_{\text{я}}$ в навчальній виборці, що було впорядковано за зростанням (рис. 4.6).

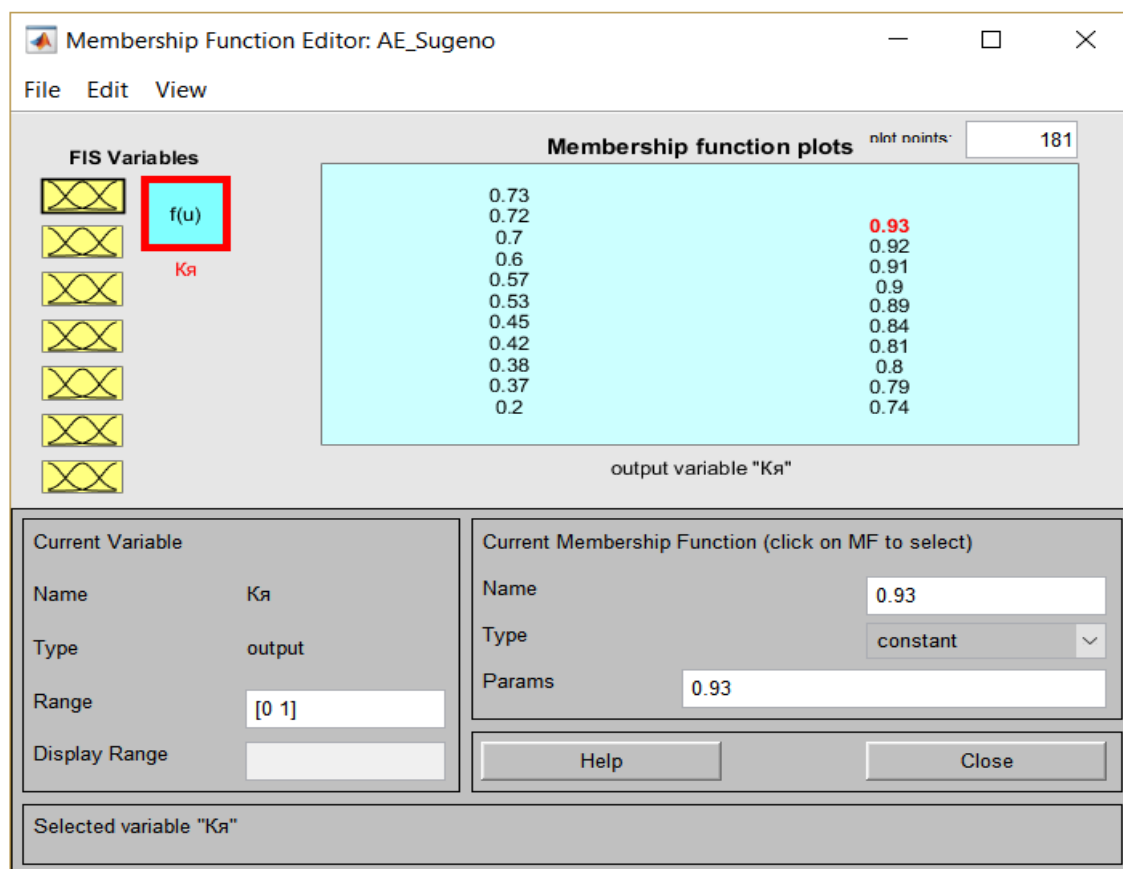


Рис. 4.6. Параметри вихідної змінної моделі типу Сугено

Модель (4.2) у вигляді бази правил системи логічного виведення Сугено будується за наступним принципом:

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} = K_{\text{я} \text{ tabl}}), \quad (4.24)$$

де $K_{\text{я} \text{ tabl}}$ – значення коефіцієнта якості виконаних технологічних процесів відповідного АСП в навчальній виборці.

Вагові коефіцієнти правил дорівнюють одиниці.

4.7 Результати дослідження системи «АСП – Автомобіль – Середовище»

Побудовані нечіткі логічні правила системи типу Сугено представлено на рис. 4.7.

Реалізація правил системи логічного виведення в системі Сугено аналогічна реалізації в системі Мамдані. Візуалізація логічного виведення, на прикладі одного з підприємств контрольної вибірки, наведено на рис. 4.8.

Підстановка підприємств, які належать до контрольної вибірки, дозволяє оцінити точність моделі. Значення середньоквадратичного відхилення та відносноквадратичного відхилення розраховується за формулами (4.18)-(4.19).

З метою вибору більш адекватної моделі при реалізації нелінійних моделей за алгоритмом Мамдані було застосовано наступні методи дефазифікації [221]: медіани, центра ваги, найбільшого з максимумів, найменшого з максимумів, середнього з максимумів. Виведення за алгоритмами перших чотирьох методів дало похибку більшу, ніж за алгоритмом, що реалізує метод середнього з максимумів.

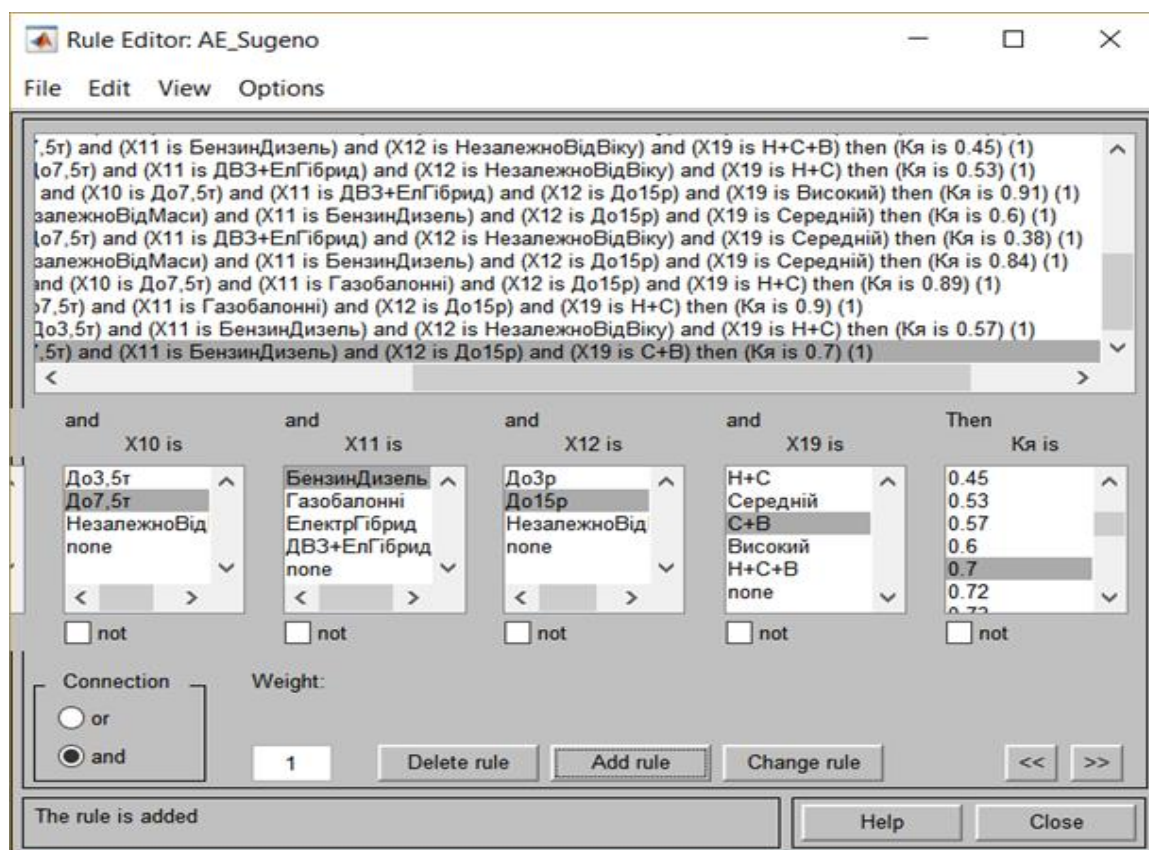


Рис. 4.7. База правил логічного виведення моделі типу Сугено

Для системи типу Сугено використано методи дефазифікації: зваженого середнього та зваженої суми. Найбільша точність була досягнута за першим методом.

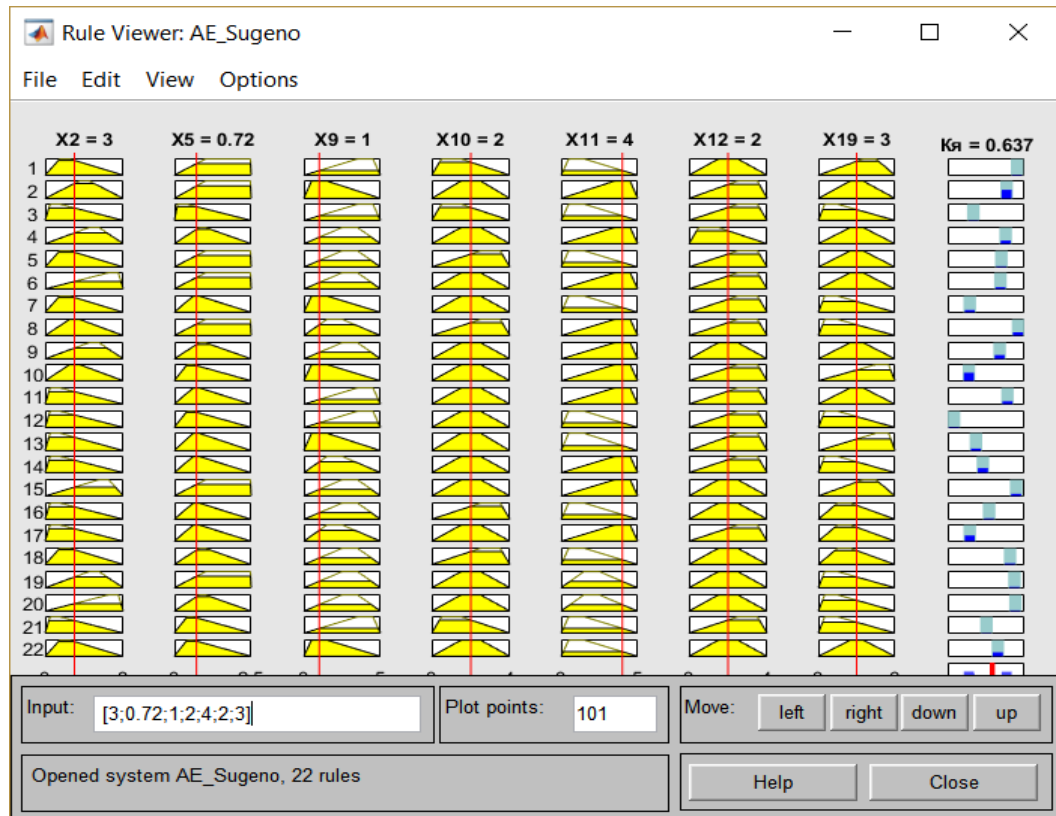


Рис. 4.8. Виведення значення $K_{я}$ для ТОВ «Дніпромотор»

Порівняльний аналіз лінійної та нелінійних моделей представлено в табл. 4.13.

Для шести точок контрольної вибірки найменша середньоквадратична помилка становить 0,007298, відносна середньоквадратична помилка – 1,07%. Найбільша точність моделювання досягнута при використанні системи нечіткого логічного виведення типу Сугено.

Для довільного АСП можна дослідити динаміку змін результуючої характеристики від двох обраних параметрів системи при фіксованих значеннях інших параметрів.

Таблиця 4.13

Порівняння точності результатів моделювання системи

<i>i</i>	Назва АСП	Квадратичне відхилення			Відносне квадратичне відхилення		
		σ_{linear}	$\sigma_{Mamdani}$	σ_{Sugeno}	S_r^{linear}	$S_r^{Mamdani}$	S_r^{Sugeno}
4	КОЛОС-АВТО, м. Черкаси	0,063536	0,0121	0,003136	0,09223	0,017564	0,0046
9	ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси	0,020603	0,030625	0,001156	0,04456	0,066231	0,0025
12	ТОВ «Дніпромотор», м. Дніпро	0,000079	0,000025	0,000009	0,00019	0,000061	0,00002
20	Автомийка «НЕПТУН», м. Черкаси	0,033473	0,007225	0,011236	0,05795	0,012509	0,0195
22	Шиномонтаж «Твоя шина», м. Черкаси	0,023552	0,002025	0,0036	0,04672	0,004017	0,0071
26	Tesla Service, м. Київ	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

Візуально дана залежність являє собою поверхню $K_y = F(X_i, X_j)$. Оскільки більш впливовим серед всіх параметрів є рівень забезпеченості персоналом, то доцільно обрати X_5 одним з аргументів поверхні. На рис. 4.9-4.10 зображено залежності виходів моделі Мамдані та Сугено відповідно від рівня забезпеченості персоналом та середнього віку автомобілів, що обслуговуються, для одного й того ж АСП. Візуальне представлення результатів моделювання системи типу Мамдані є більш наочним. Хоча поверхня Сугено, як зазначалось, має меншу похибку відносно до оригіналу.

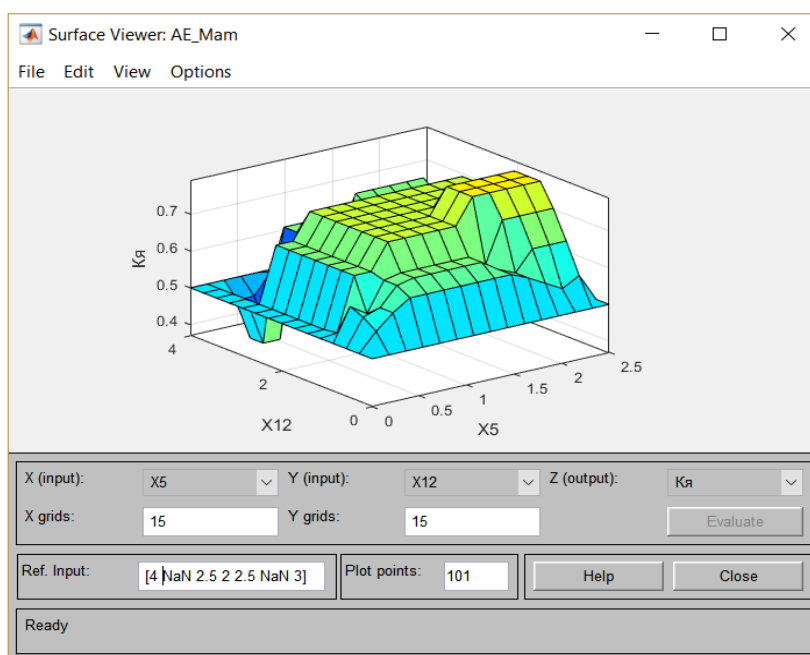


Рис. 4.9. Залежність $K_{\text{я}}$ від рівня забезпеченості персоналом та середнього віку автомобілів в системі типу Мамдані

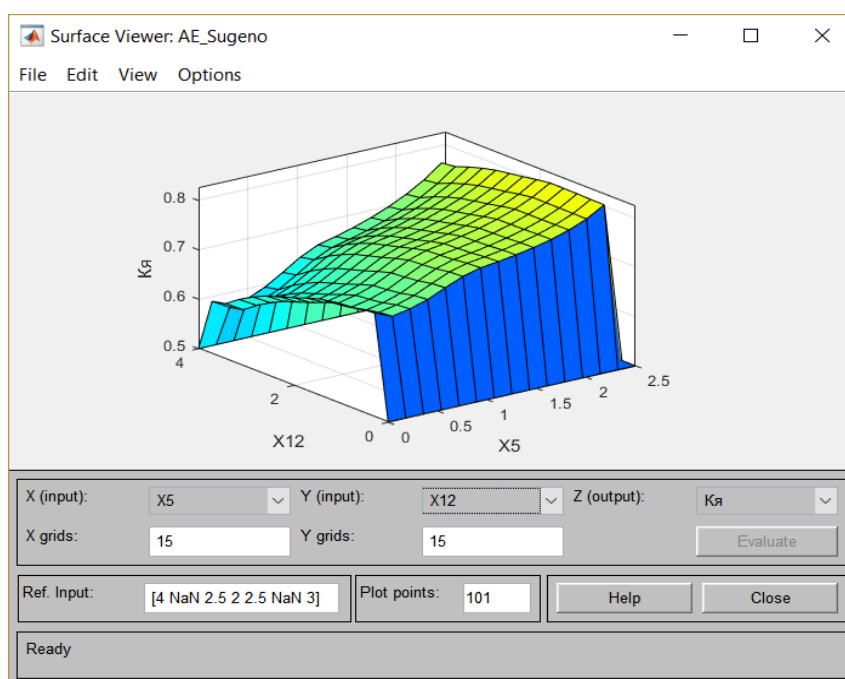


Рис. 4.10. Залежність $K_{\text{я}}$ від рівня забезпеченості персоналом та середнього віку автомобілів в системі типу Сугено

Інтерес також представляє аналіз характеру впливу на якість виконання технологічних процесів тих параметрів, рішення про налаштування та коригування яких може прийматися власниками АСП безпосередньо. Так на

рис.4.11 представлено залежність виходу системи типу Мамдані від потужності АСП та форми організації виробництва.

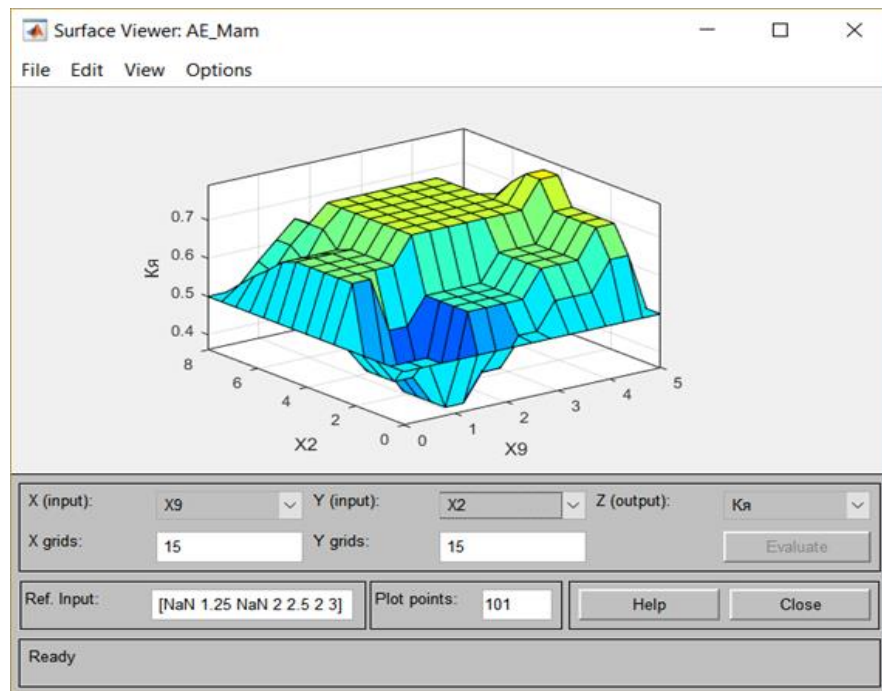


Рис. 4.11. Залежність K_d від кількості постів на АСП та форми організації виробництва

Виходячи з аналізу поверхні можна зробити висновок про те, що для заданого АСП найменша якість досягається при використанні постової форми організації виробництва з універсальним обладнанням та кількістю постів 1-2.

Проаналізуємо динаміку змін коефіцієнта якості від двох обраних параметрів системи при фіксованих значеннях інших параметрів для різних видів автосервісних підприємств. Так як згідно (4.22), найбільшу вагу має параметр «Рівень забезпеченості персоналом», то доцільно обрати X_5 одним з аргументів поверхні. Оскільки поверхня Сугено має меншу похибку відносно до оригіналу, то за її допомогою проаналізуємо зміни коефіцієнта якості від параметрів, які характеризують АСП, тобто від тих параметрів, на які власники АСП можуть впливати.

4.8 Математична модель вибору форми організації виробництва

В розділі 4.3 було визначено набір незалежних параметрів системи, які впливають на якість виконуваних технологічних процесів. До незалежних параметрів, що характеризують функціональний елемент «Автосервісне підприємство» відносяться: X_2 - потужність АСП (кількість постів), X_5 - рівень забезпеченості персоналом, X_9 - форма організації виробництва. Це означає, що за допомогою цих трьох параметрів можна ефективно впливати на якість технологічних процесів, що виконуються в системі автосервісу. Оскільки серед незалежних параметрів X_9 - форма організації виробництва є якісним показником, що має найбільш складну нелінійну структуру, то, в першу чергу, необхідно дослідити вплив даного показника на якість виконання технологічних процесів.

При математичному моделюванні процесів, для яких характерна багатокритеріальність, класичні методи точного кількісного аналізу завдань виявляються недостатніми через слабку структурованість і невизначеність їх параметрів. Для вирішення завдань, в умовах багатокритеріальності і невизначеності даних, пропонується концепція дворівневого підходу в їх моделюванні. Ця концепція полягає в наступному:

1) розробка загальної схеми дворівневого моделювання і вибір чисельних методів її реалізації;

2) розробка моделі нижнього рівня, тобто моделювання початкових даних і параметрів завдання на базі апарату інтервальної математики, теорії ймовірності та математичної статистики, а також фрактального аналізу [226]. Таким чином, на нижньому рівні здійснюється моделювання початкових даних для моделі верхнього рівня;

3) розробка моделі верхнього рівня, тобто формулювання і дослідження векторної задачі з нечіткими або інтервально заданими параметрами, які були отримані на нижньому рівні моделювання. Математична модель верхнього рівня

– це модель теорії оптимізації, на базі якої будується та обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

За допомогою дворівневого моделювання здійснимо процес моделювання вибору і ухвалення стратегії моніторингу якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

На нижньому рівні моделювання здійснюється структуризація експертної інформації про те, що є у розпорядженні автотранспортного підприємства (трудові, технічні ресурси) [227]. На верхньому рівні моделювання формулюється і досліджується завдання знаходження альтернативних проектів підвищення якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів і вибір кращого з них [228]. Математична постановка цієї задачі представляє собою векторну задачу про досконалі поєднання в 3-дольному 3-однорідному гіперграфі.

Моделювання на нижньому рівні

Нехай запропоновано чотири види робіт, що виконуються на підприємстві по технічному обслуговуванню і ремонту транспортних засобів [229]:

- 1) діагностування стану автомобілів,
- 2) технічне обслуговування автомобілів,
- 3) поточний ремонт автомобілів,
- 4) переобладнання автомобілів.

Для розгляду пропонується чотири форми організації підприємств. Це b_1 -постова з універсальним обладнанням; b_2 – постова зі спеціальним обладнанням; b_3 – дільнично-постова форма; b_4 - індивідуальна форма. При чому форми організації b_1 , b_2 – використовуються для діагностування стану автомобілів h_1 та технічного обслуговування автомобілів h_2 , а b_3 , b_4 - для поточного ремонту автомобілів h_3 та переобладнання автомобілів h_4 .

Метою АСП є найбільш якісне задоволення потреб споживачів з урахуванням його можливостей. Таким чином, побудова стратегії організації роботи АСП базується на векторних оцінках наступних трьох вимог:

- 1) оцінка послуг, що пропонуються АСП;

- 2) оцінка потреб споживачів;
- 3) оцінка запропонованих форм організації АСП.

На базі кожної з цих векторних оцінок формується інтегральна оцінка відповідно показника привабливості послуг, що пропонуються (Р), показника їх споживчої якості (S) та якості виконаних робіт на підприємствах з відповідною формою організації (Q).

Вказане формування оцінок проводиться, викладеним нижче, методом аналітичної ієрархії (Analytic Hierarchy Process – АНР), що набув в даний час широкого поширення [216].

Перевагою методу АНР є те, що він може застосовуватися в тих випадках, коли експерти або особи, що ухвалюють рішення, не можуть дати абсолютні оцінки альтернатив по критеріям і користуються слабкішими порівняльними вимірюваннями. На нижньому (першому) рівні ієрархії АНР фахівці відділу маркетингу (експерти), використовуючи шкалу відносної важливості, попарним порівнянням розставляють коефіцієнти важливості для кожного рівня ієрархії: критерії – альтернативи. Відмітимо, що рівні відносної важливості приведені до числових значень (див. табл. 4.14).

Таблиця 4.14

Шкала відносної важливості

Рівень відносної важливості	Кількісне значення
Рівна важливість	1
Помірна перевага	3
Істотна або сильна перевага	5
Значна велика перевага	7
Дуже велика перевага	9

Далі обчислюються коефіцієнти важливості кожного рівня і підраховується показник якості кожної альтернативи. Опис реалізації етапів методу АНР представимо на конкретному прикладі груп критеріїв, що відносяться до кожної з трьох вимог і конкретних експертних оцінках рівнів відносної важливості.

Комісія з якості послуг розглядає послуги, що пропонуються на АСП H_j , $j = 1 \dots m$, ($m = 4$):

H_1 – діагностування стану автомобілів,

H_2 – технічне обслуговування автомобілів,

H_3 – поточний ремонт автомобілів,

H_4 – переобладнання автомобілів.

Також визначені критерії АСП:

K_1 – економічність процесу виконання робіт;

K_2 – прибутковість з проведених робіт;

K_3 – термін виконання робіт;

K_4 – трудомісткість робіт.

За допомогою експертів підприємства, використовуючи шкалу відносної важливості заповнюється табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Матриця порівнянь критеріїв автотранспортного підприємства

Критерії	K_1	K_2	K_3	K_4	Власний вектор	Вага ω_i
K_1	1	1/3	3	1/3	0,76	0,14
K_2	3	1	5	1	1,97	0,37
K_3	1/3	1	1	1/3	0,58	0,11
K_4	3	1	5	1	1,97	0,37

Відзначимо, що критерії «прибутковість з проведених робіт K_2 » і «трудомісткість робіт K_4 » мають для АСП рівну важливість, помірно перевершують по важливості критерій «економічність процесу виконання робіт K_1 » і істотно перевершують критерій «термін виконання робіт K_3 ».

Для розрахунку коефіцієнтів важливості критеріїв необхідно обчислити власний вектор матриці, обраховуючи корінь n -го ступеня (n – розмірність матриці порівнянь) з добутку елементів кожного рядка, а потім, шляхом нормування (визначення питомої ваги) елементів власного вектора матриці, визначаються коефіцієнти важливості або ваги критеріїв $\omega_j, j=1, n$, тобто

$$BV = \sqrt[n]{H_1 \cdot H_2 \cdot H_3 \cdot H_4} \quad (4.25)$$

Так само розраховується відносна важливість v_{ji} кожної послуги H_j по кожному з критеріїв K_i , $j=1\dots m$, $i=1\dots n$.

Відносна важливість послуг по окремих критеріях АСП представлені в таблицях 4.16 -4.19.

Таблиця 4.16

Відносна важливість послуг по критерію K_1 економічність процесу виконання робіт

Послуги	H_1	H_2	H_3	H_4	Власний вектор (ВВ)	Вага v_{j1}
H_1	1	1/5	3	3	1,16	0,21
H_2	5	1	5	5	3,34	0,60
H_3	1/3	1/5	1	1/3	0,39	0,07
H_4	1/3	1/5	3	1	0,67	0,12

Таблиця 4.17

Відносна важливість послуг по критерію K_2 – прибутковість з проведених робіт

Послуги	H_1	H_2	H_3	H_4	Власний вектор (ВВ)	Вага v_{j2}
H_1	1	3	5	7	3,20	0,57
H_2	1/3	1	5	3	1,50	0,26
H_3	1/5	1/5	1	1/3	0,34	0,06
H_4	1/7	1/3	3	1	0,61	0,11

Таблиця 4.18

Відносна важливість послуг по критерію K_3 – термін виконання робіт

Послуги	H_1	H_2	H_3	H_4	Власний вектор (ВВ)	Вага v_{j3}
H_1	1	1/5	3	3	1,16	0,22
H_2	5	1	5	3	2,94	0,57
H_3	1/3	1/5	1	1	0,51	0,10
H_4	1/3	1/3	1	1	0,58	0,11

Таблиця 4.19

**Відносна важливість послуг по критерію K_4 – трудомісткість
виконуваних робіт**

Послуги	H_1	H_2	H_3	H_4	Власний вектор (ВВ)	Вага v_{j4}
H_1	1	3	1/5	1/3	0,67	0,12
H_2	1/3	1	1/7	1/5	0,31	0,06
H_3	5	7	1	3	3,20	0,56
H_4	3	5	1/3	1	1,50	0,26

Далі на підставі результатів, представлених в таблицях 4.15 – 4.19 здійснюється визначення якості кожної альтернативи. Для цього використовуючи метод аналітичної ієрархії, необхідно провести синтез отриманих коефіцієнтів важливості. Необхідні обчислення здійснюються за формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot v_{ji}, \quad (4.26)$$

де S_j – показник якості j -ої альтернативи; v_{ji} – вага i -го критерію; ω_{ji} – важливість j -ої альтернативи по i -й послугі, (див.таб. 4.9);

Для чотирьох варіантів послуг проведені обчислення, які дозволяють провести розрахунок показників P_j привабливості послуг для АСП (формула 4.26):

$$P_1 = 0,14 \cdot 0,21 + 0,37 \cdot 0,57 + 0,11 \cdot 0,22 + 0,37 \cdot 0,12 = 0,31,$$

$$P_2 = 0,14 \cdot 0,60 + 0,37 \cdot 0,26 + 0,11 \cdot 0,57 + 0,37 \cdot 0,06 = 0,27,$$

$$P_3 = 0,14 \cdot 0,07 + 0,37 \cdot 0,06 + 0,11 \cdot 0,10 + 0,37 \cdot 0,56 = 0,11,$$

$$P_4 = 0,14 \cdot 0,12 + 0,37 \cdot 0,11 + 0,11 \cdot 0,11 + 0,37 \cdot 0,26 = 0,17.$$

В результаті досвіду та анкетування споживачів фахівцями АСП (експертами) виділені наступні споживчі критерії, від яких залежить якість C_i :

C_1 – методи виконання робіт;

C_2 – кваліфікація персоналу;

C_3 – швидкість виконання робіт;

C_4 – обладнання для виконання робіт.

Таблиця 4.20

Матриця порівнянь споживчих критеріїв C_i

Критерії C_i	C_1	C_2	C_3	C_4	Власний вектор ВВ	Вага ω_i
C_1	1	3	3	5	2,590	0,499
C_2	1/3	1	1	1/5	0,508	0,098
C_3	1/3	1	1	1/7	0,467	0,090
C_4	1/5	5	7	1	1,627	0,313

Критерій « C_1 – методи виконання робіт» істотно перевершує критерій « C_4 – обладнання для виконання робіт» та помірно перевершує критерії « C_2 – кваліфікація персоналу;») і « C_3 – швидкість виконання робіт». У чисельному вигляді ці співвідношення представлені в таблиці 4.20. При цьому розрахунок компонент власного вектора і коефіцієнтів важливості критеріїв, тобто ваги ν_i здійснюється аналогічно, описаному вище, розрахунку даних таблиць 4.16 – 4.19.

Оскільки автотранспортне підприємство для контролю якості виконуваних послуг може застосовувати будь-які з чотирьох видів технічного контролю (суцільний, вибіркового, безперервний, періодичний), то існує L_j , $j=1...16$ можливих комбінацій виконуваних послуг з використанням певного виду технічного контролю : $j=1$ – діагностування стану автомобілів з використанням суцільного технічного контролю; $j=2$ – діагностування стану автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; $j=3$ – діагностування стану автомобілів з використанням безперервного технічного контролю; $j=4$ – діагностування стану автомобілів з використанням періодичного технічного контролю; $j=5$ – технічне обслуговування автомобілів з використанням

суцільного технічного контролю; $j=6$ – технічне обслуговування автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; $j=7$ – технічне обслуговування автомобілів з використанням безперервного технічного контролю; $j=8$ – технічне обслуговування автомобілів з використанням періодичного технічного контролю; $j=9$ – поточний ремонт автомобілів з використанням суцільного технічного контролю; $j=10$ – поточний ремонт автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; $j=11$ – поточний ремонт автомобілів з використанням безперервний технічного контролю; $j=12$ – поточний ремонт автомобілів з використанням періодичного технічного контролю; $j=13$ – переобладнання автомобілів з використанням суцільного технічного контролю; $j=14$ – переобладнання автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; $j=15$ – переобладнання автомобілів з використанням безперервного технічного контролю; $j=16$ – переобладнання автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;

По аналогії з формуванням попередніх таблиць обчислюємо елементи таблиць 4.21 – 4.24, що відображають відносну важливість комбінацій L_j по споживчих критеріях C_i .

Таблиця 4.21

Відносна важливість за критерієм C_1 – методи виконання робіт

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Власний вектор ω_i	v_{j1}
1	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
2	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	0,31	0,01
3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1,50	0,07
4	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	0,67	0,03
5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
6	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	0,31	0,01
7	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1,50	0,07
8	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	0,67	0,03

Продовження табл. 4.21

9	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
10	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	0,31	0,01
11	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1,50	0,07
12	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	0,67	0,03
13	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
14	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	0,31	0,01
15	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1,50	0,07
16	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	0,67	0,03

Таблиця 4.22

Відносна важливість за критерієм C_2 – кваліфікація персоналу

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Власний вектор ω_i	v_{j2}
1	1	1/5	1/3	1	1	1/5	3	3	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3	1/7	1	1/3	0,46	0,02
2	5	1	7	7	7	3	7	9	3	1/3	1	1	3	1/3	3	5	2,62	0,11
3	3	1/7	1	3	3	1/3	3	5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/7	1/3	1	0,76	0,03
4	1	1/7	1/3	1	1	1/5	1	3	1/5	1/5	1/7	1/5	1/5	1/7	1/3	1/3	0,37	0,02
5	1	1/7	1/3	1	1	1/5	1	1/3	1/7	1/9	1/7	1/7	1/7	1/9	1/7	1/5	0,26	0,01
6	5	1/3	3	5	5	1	3	5	5	1/3	1	1	3	1/5	1	5	1,77	0,08
7	1/3	1/7	1/3	1	1	1/3	1	3	1	1/5	1/5	1/3	1/3	1/7	1/5	1/3	0,41	0,02
8	1/3	1/9	1/5	1/3	3	1/5	1/3	1	1/5		1/7	1/7	1/5	1/7	1/7	1/7	0,26	0,01
9	5	1/3	3	5	7	1/5	1	3	1	1/5	1/3	1/3	1	1/3	1	1	0,98	0,04
10	7	3	3	5	9	3	5	5	5	1	3	3	3	1	3	5	3,46	0,15
11	5	1	3	7	7	1	5	7	3	1/3	1	3	3	1	3	3	2,48	0,11
12	3	1	3	5	7	1	3	7	3	1/3	1/3	1	1	1/3	1	3	2,32	0,10
13	3	1/3	1	5	7	1/3	3	5	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1,05	0,05
14	7	3	7	7	9	5	7	7	3	1	1	3	3	1	3	5	3,63	0,16
15	1	1/3	3	3	7	1	5	7	1	1/3	1/3	1	3	1/3	1	3	1,41	0,06
16	3	1/5	1	3	5	1/5	3	7	1	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1	0,84	0,04

Таблиця 4.23

Відносна важливість за критерієм C_3 – швидкість виконання робіт

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Власний Вектор ω_i	v_{j3}
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	0,38	0,01
9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	7	7	7	7	4,88	0,18
10	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	7	7	7	7	4,88	0,18

Продовження табл. 4.23

11	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	7	7	7	7	4,88	0,18
12	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	7	7	7	7	4,88	0,18
13	5	5	5	5	5	5	5	5	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1	1	1	1,37	0,05
14	5	5	5	5	5	5	5	5	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1	1	1	1,37	0,05
15	5	5	5	5	5	5	5	5	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1	1	1	1,37	0,05
16	5	5	5	5	5	5	5	5	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1	1	1	1,37	0,05

Таблиця 4.24

Відносна важливість за критерієм C_4 – обладнання для виконання робіт

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Власний вектор ω_i	v_{j4}
1	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
2	1/7	1	1/5	1/5	1/7	1	1/5	1/3	1/7	3	1/5	1	1/7	3	1/3	1/3	0,38	0,02
3	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	5	3	3	1/3	7	3	5	1,81	0,08
4	1/5	5	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	5	1	3	1/5	5	1	3	0,97	0,04
5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
6	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	3	1/3	1/3	1/7	3	1/5	1/3	0,37	0,02
7	1/3	5	1	3	1/3	5	1	3	1/3	7	3	5	1/3	7	3	5	1,91	0,08
8	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	1/5	5	1	3	1/5	3	1	3	0,91	0,04
9	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
10	1/7	1/3	1/5	1/5	1/7	1/3	1/7	1/5	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/5	1/3	0,25	0,01
11	1/3	5	1/3	1	1/3	3	1/3	1	1/3	5	1	3	1/3	5	1/3	1	0,96	0,04
12	1/5	1	1/3	1/3	1/5	3	1/5	1/3	1/5	3	1/3	1	1/5	3	1/3	1	0,53	0,02
13	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	1	7	3	5	3,20	0,14
14	1/7	1/3	1/7	1/5	1/7	1/3	1/7	1/3	1/7	1	1/5	1/3	1/7	1	1/3	1/3	0,26	0,01
15	1/3	3	1/3	1	1/3	5	1/3	1	1/3	5	3	3	1/3	3	1	3	1,14	0,05
16	1/5	3	1/5	1/3	1/5	3	1/5	1/3	1/5	3	1	1	1/5	3	1/3	1	0,59	0,03

Далі з урахуванням даних таблиць 4.14 – 4.19 виконується розрахунок показників споживчої якості S_j можливих комбінацій L_j (за формулою 4.26):

$$S_1 = 0,449 \cdot 0,14 + 0,98 \cdot 0,02 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,14 = 0,12,$$

$$S_2 = 0,449 \cdot 0,01 + 0,98 \cdot 0,11 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,02 = 0,02,$$

$$S_3 = 0,449 \cdot 0,07 + 0,98 \cdot 0,03 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,08 = 0,06,$$

$$S_4 = 0,449 \cdot 0,03 + 0,98 \cdot 0,02 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,04 = 0,03,$$

$$S_5 = 0,449 \cdot 0,14 + 0,98 \cdot 0,01 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,14 = 0,12,$$

$$S_6 = 0,449 \cdot 0,01 + 0,98 \cdot 0,08 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,02 = 0,02,$$

$$S_7 = 0,449 \cdot 0,07 + 0,98 \cdot 0,02 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,08 = 0,06,$$

$$S_8 = 0,449 \cdot 0,03 + 0,98 \cdot 0,01 + 0,09 \cdot 0,01 + 0,313 \cdot 0,04 = 0,03,$$

$$S_9 = 0,449 \cdot 0,14 + 0,98 \cdot 0,04 + 0,09 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,14 = 0,13,$$

$$S_{10} = 0,449 \cdot 0,01 + 0,98 \cdot 0,15 + 0,09 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,01 = 0,04,$$

$$S_{11} = 0,449 \cdot 0,07 + 0,98 \cdot 0,11 + 0,09 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,04 = 0,07,$$

$$S_{12} = 0,449 \cdot 0,03 + 0,98 \cdot 0,10 + 0,09 \cdot 0,18 + 0,313 \cdot 0,02 = 0,05,$$

$$S_{13} = 0,449 \cdot 0,14 + 0,98 \cdot 0,05 + 0,09 \cdot 0,05 + 0,313 \cdot 0,14 = 0,12,$$

$$S_{14} = 0,449 \cdot 0,01 + 0,98 \cdot 0,16 + 0,09 \cdot 0,05 + 0,313 \cdot 0,01 = 0,03,$$

$$S_{15} = 0,449 \cdot 0,07 + 0,98 \cdot 0,06 + 0,09 \cdot 0,05 + 0,313 \cdot 0,05 = 0,06,$$

$$S_{16} = 0,449 \cdot 0,03 + 0,98 \cdot 0,04 + 0,09 \cdot 0,05 + 0,313 \cdot 0,03 = 0,03.$$

В результаті проведених розрахунків АСП приймає рішення не використовувати наступні комбінації виконуваних послуг з використанням певного виду технічного контролю $j=2,4,6,8,14,16$, як комбінації з низьким показником споживчої якості. Таким чином, для АСП не рекомендується: діагностування стану автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; діагностування стану автомобілів з використанням періодичного

технічного контролю; технічне обслуговування автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; технічне обслуговування автомобілів з використанням періодичного технічного контролю; переобладнання автомобілів з використанням вибіркового технічного контролю; переобладнання автомобілів з використанням періодичного технічного контролю;

Рівень якості виконаних робіт на кожній з чотирьох форм організації виробництва з технічного обслуговування та ремонту B_j , $j=1\dots4$ (B_1 - постова з універсальним обладнанням, B_2 - постова зі спеціальним обладнанням, B_3 – дільнично-постова форма, B_4 - індивідуальна форма) оцінюється критеріями F_i , при $i=1\dots2$ (F_1 – професіоналізм; F_2 – продуктивність праці).

Критерій «професіоналізм F_1 » відображає залежність якості виконаних робіт від організаційно-технологічної структури АСП (форми організації АСП, використання технічних, наукових та професійних знань робітників, раціонального використання обладнання та матеріалів).

Критерій «продуктивність праці F_2 » відображає залежність часу виконання робіт від обраної форми організації АСП [230].

Таблиця 4.25

Матриця порівняння методів оцінювання рівня якості виконання робіт F_i

Критерії F_i	F_1	F_2	Власний вектор ω_i	Вага v_i
F_1	1	3	1,732	0,75
F_2	1/3	1	0,577	0,25

Таблиця 4.26

Відносна оцінка форми організації виробництва за критерієм «професіоналізм F_1 »

Форма організації вир-ва B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Власний вектор ω_i	Вага v_{j1}
B_1	1	3	5	7	3,20	0,56
B_2	1/3	1	3	5	1,50	0,26
B_3	1/5	1/3	1	3	0,67	0,12
B_4	1/7	1/5	1/3	1	0,31	0,06

Таблиця 4.27

**Відносна оцінка форми організації виробництва за критерій
«продуктивність праці F_2 »**

Форма організації вир-ва B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Власний вектор ω_1	Вага v_{j2}
B_1	1	1/3	1/3	1	0,58	0,13
B_2	3	1	1	3	1,73	0,37
B_3	3	1	1	3	1,73	0,37
B_4	1	1/3	1/3	1	0,58	0,13

З урахуванням даних таблиць 4.19 – 4.21 проводиться розрахунок показників рівня якості виконуваних робіт на підприємствах з відповідною формою організації Q_j , $j=1\dots4$ за формулою (4.26):

$$Q_1 = 0,75 \cdot 0,56 + 0,25 \cdot 0,13 = 0,455,$$

$$Q_2 = 0,75 \cdot 0,26 + 0,25 \cdot 0,37 = 0,291,$$

$$Q_3 = 0,75 \cdot 0,12 + 0,25 \cdot 0,37 = 0,182,$$

$$Q_4 = 0,75 \cdot 0,06 + 0,25 \cdot 0,13 = 0,072.$$

Визначимо показник рівня якості $R_{jk} = P_j \cdot Q_k$ виконання робіт H_j у разі, використання на виробництві наступних форм організації: B_k , $k=1\dots4$: B_1 - постова з універсальним обладнанням; B_2 - постова зі спеціальним обладнанням; B_3 – дільнично-постова форма; B_4 - індивідуальна форма.

$R_{11} = 0,32 \cdot 0,453 = 0,115$ – виконання діагностування стану автомобілів на підприємстві з постовою формою організації з універсальним обладнанням;

$R_{12} = 0,32 \cdot 0,28 = 0,092$ – виконання діагностування стану автомобілів на підприємстві з постовою формою організації зі спеціальним обладнанням;

$R_{21} = 0,261 \cdot 0,453 = 0,118$ – виконання технічного обслуговування автомобілів на підприємстві з постовою формою організації з універсальним обладнанням;

$R_{22} = 0,261 \cdot 0,288 = 0,075$ – виконання технічного обслуговування автомобілів на підприємстві з постовою формою організації зі спеціальним обладнанням;

$R_{33} = 0,261 \cdot 0,183 = 0,048$ – виконання поточного ремонту автомобілів на підприємстві з дільнично-постовою формою організації;

$R_{34} = 0,261 \cdot 0,078 = 0,020$ – виконання поточного ремонту автомобілів на підприємстві з індивідуальною формою організації;

$R_{43} = 0,158 \cdot 0,183 = 0,029$ - виконання робіт по переобладнанню автомобілів на підприємстві з дільнично-постовою формою організації;

$R_{44} = 0,158 \cdot 0,078 = 0,012$ - виконання робіт по пререобладнанню автомобілів на підприємстві з індивідуальною формою організації.

Таким чином, при завершенні моделювання на нижньому рівні набуті чисельні значення для наступних вхідних даних верхнього рівня моделювання:

- показники споживчої якості S_j можливих комбінацій виконуваних послуг $L_j, j = 1 \dots 16$;

- показники рівня якості виконання робіт H_j , у разі виконання на виробництві з j – ю формою організації виробництва B_k .

Запропонований нижній рівень математичної моделі дозволяє визначати відносні оцінки важливості необхідних критеріїв для вибору найбільш пріоритетних видів робіт, враховуючи форму організації виробництва для технічного обслуговування та ремонту автомобілів, і використовуючи диференціальний та інтегральний критерії оцінки якості виконаних робіт, економічність процесу виконання робіт; трудомісткість робіт; термін виконання робіт; прибутковість з проведених робіт; методи виконання робіт; кваліфікацію персоналу; швидкість виконання робіт; обладнання для виконання робіт. Ця модель базується на оцінках рівнів відносної важливості кожного критерія.

На наступному етапі необхідно побудувати математичну модель верхнього рівня, тобто створити та дослідити мережеву модель, елементами якої є параметри, що визначені на нижньому рівні.

Вирішенням задач в умовах багатокритеріальності і невизначеності даних займались Алтунін А.Е., Семухин М.В., Саати Т, Риков А.С., Кернс К. Вони пропонують концепцію дворівневого підходу в моделюванні таких процесів, яка полягає в наступному[99, 226, 231, 232].

На даному етапі необхідно визначити форму організації виробництва $b_k \in B$ системи автосервісу для підвищення рівня якості пропонованих послуг $h_j \in H$ з врахуванням регіону локації системи $u_i \in U$. Тобто, для максимально якісного виконання послуг система автосервісу повинна мати таку форму організації, яка оптимально відповідає виконанню послуг, що мають більший попит, враховуючи регіон розташування.

Математичне відображення даного завдання базується на 3-дольному графі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$, який визначається таким чином. Вершини першої долі $v \in V_1$ поставлені у взаємно однозначну відповідність до множини зон локації автосервісного підприємства.

Кожна вершина другої долі $v \in V_2$ однозначно відповідає деякому елементу з множини H - найчастіше виконувані послуги на автосервісному підприємстві.

Множина всіх ребер $e = (v_i, v_j)$ $i = \overline{1,4}, j = \overline{5,8}$ визначається як множина всіх допустимих пар «зона локації-послуга». Кожному такому ребру ($e \in E$ графа $G = (V_1, V_2, V_3, E)$) приписана вага $w_1(e)$ – показник споживчої якості S_j . Множина всіх ребер $e = (v_i, v_j)$ $i = \overline{5,8}, j = \overline{9,12}$ визначається як множина всіх допустимих пар «послуга-форма організації». Кожному такому ребру ($e \in E$ графа $G = (V_1, V_2, V_3, E)$) приписана вага $w_2(e)$ – показник рівня якості виконання робіт на підприємстві з відповідною формою організації R_{jk} . Показники S_j, R_{jk} визначені на нижньому рівні моделювання і представлені в [233]. Трьохдольний граф моделі задачі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$ представлений на рис. 4.12.

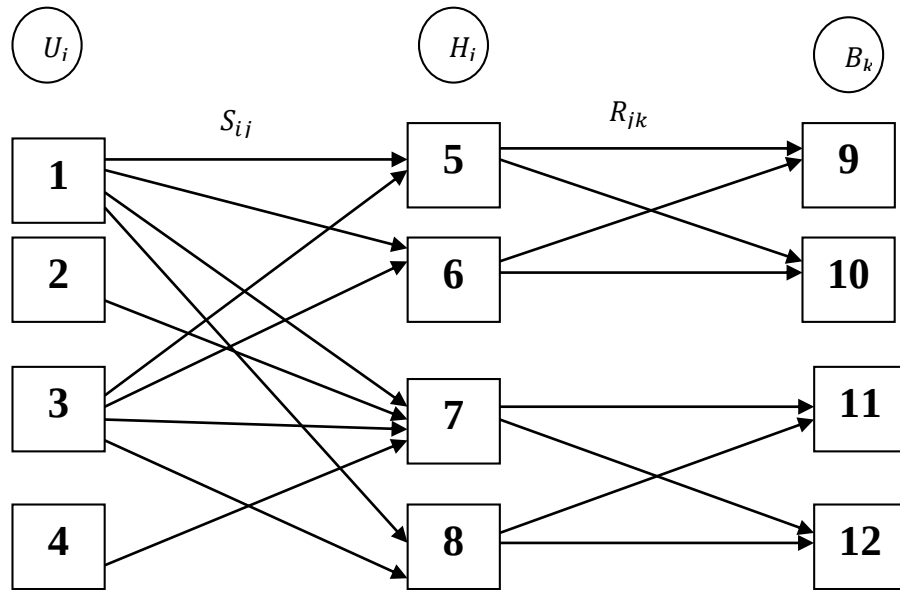
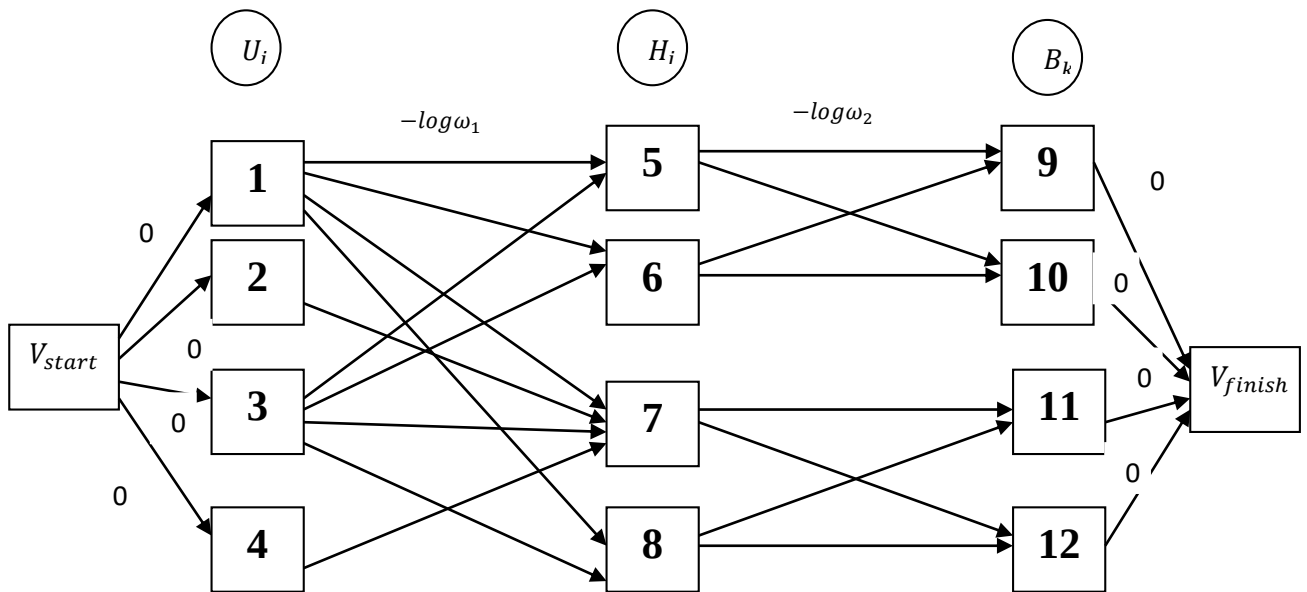


Рис. 4.12. Тридольний граф $G = (V_1, V_2, V_3, E)$

З погляду математичного моделювання це є задача знаходження найкоротшого шляху, якщо замість вагових коефіцієнтів ребер графу використовувати $-\log \omega_1$ та $-\log \omega_2$. [167]. Тобто найкоротший шлях можна знайти за допомогою максимізації величини $\log \omega_v$:

$$\log \omega_v = \log \omega_1 \cdot \omega_2 = \log \omega_1 + \log \omega_2. \quad (4.27)$$

Утворюємо новий граф $G' = (V', E')$, де $V' = \{V_1, V_2, V_3, V_{start}, V_{finish}\}$, $E' = \{E, (V_{start}, V_i), (V_k, V_{finish}) : i \in \overline{1,4}, k \in \overline{9,12}\}$. Для розглянутого випадку граф $G' = (V', E')$ набуває наступного вигляду (рис. 4.13).

Рис. 4.13. Граф $G' = (V', E')$

З точки зору математики задача максимізації вагових коефіцієнтів еквівалентна задачі максимізації величини $\log \omega_v$. Оскільки $\log \omega_v \leq 0$, то задача максимізації еквівалентна задачі мінімізації $-\log \omega_v$. Тобто

$$-\log \omega_1 - \log \omega_2 \rightarrow \min. \quad (4.28)$$

Складемо матрицю вагових коефіцієнтів зваженого графу G' - матрицю $A=(a_{ij})$. Елементи a_{ij} приймають значення відповідних вагових коефіцієнтів початкового графу G , якщо $i \neq start, j \neq finish$. Вагові коефіцієнти a_{ij} ребер, що інцидентні початковій та кінцевій вершинам графу G' приймаються рівними 0. Якщо вершини графу не суміжні, то відповідний елемент матриці приймає значення ∞ . Матриця має вигляд (табл. 4.28):

Таблиця 4.28

Матриця розрахунку вагових коефіцієнтів зваженого графу G'

	V_{start}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{finish}
V_{start}	∞	0	0	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_1	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,12$	$-\log 0,12$	$-\log 0,13$	$-\log 0,12$	∞	∞	∞	∞	∞
V_2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,04$	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_3	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,06$	$-\log 0,06$	$-\log 0,07$	$-\log 0,06$	∞	∞	∞	∞	∞
V_4	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,05$	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,143$	$-\log 0,092$	∞	∞	∞
V_6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,115$	$-\log 0,074$	∞	∞	∞
V_7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,048$	$-\log 0,019$	∞
V_8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	$-\log 0,031$	$-\log 0,012$	∞
V_9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{10}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{11}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{12}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{finish}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

Таблиця 4.29

Матриця отриманих вагових коефіцієнтів зваженого графу G'

	V_{start}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{finish}
V_{start}	∞	0	0	0	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_1	∞	∞	∞	∞	∞	0,92	0,92	0,89	0,92	∞	∞	∞	∞	∞
V_2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	1,40	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_3	∞	∞	∞	∞	∞	1,22	1,22	1,15	1,22	∞	∞	∞	∞	∞
V_4	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	1,30	∞	∞	∞	∞	∞	∞
V_5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0,84	1,03	∞	∞	∞
V_6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0,94	1,13	∞	∞	∞
V_7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	1,32	1,72	∞
V_8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	1,50	1,92	∞
V_9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{10}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{11}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{12}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0
V_{finish}	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

На рисунку (3.13) представлено алгоритм визначення найкоротшого шляху графу G' по матриці вагових коефіцієнтів ребер графу.

4.9 Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі автосервісу

Стратегічне планування напрямків оптимізації діяльності АСП та забезпечення якості пропонованих послуг виконується на основі детального

аналізу поточного стану АСП. Висновки, що формуються в процесі аналізу використовуються в процесі генерації планів інновацій та модернізації підприємства. Інновації можуть мати різний зміст, зокрема, мати характер організаційної перебудови, розвитку пропонованих послуг, технічної модернізації виробництва, покращення кадрового забезпечення та ін. [234].

Технічна модернізація може бути проведена в одній з трьох сфер, що відповідають підсистемам підприємства: матеріальній системі, енергетичній системі та інформаційній системі. Організаційно на вирішення задачі подолання конкуренції та зміцнення становища на ринку впливають також доступність ресурсів для розвитку послуг та періодична реструктуризація АСП. Проект інновацій є основою реструктуризації АСП.

Об'єктами та механізмами досягнення реструктуризації можуть бути вдосконалення послуг, реструктуризація управління та будь-яка технологічна реструктуризація. Результати реструктуризації змінюють характеристики діяльності підприємства, забезпечуючи його здатність адаптуватись до змін в середовищі функціонування. Комп'ютерна підтримка планування етапів інновацій та реструктуризації підприємства є потужним інструментом оптимізації діяльності АСП.

Раніше було визначено, що для оптимізації діяльності АСП одним з варіантів є реструктуризація підприємства, шляхом зміни форми організації. Тому для реалізації даної задачі було розроблено модель бази даних підсистеми вибору оптимальної форми організації АСП (рис. 4.14) в нотації UML [235].

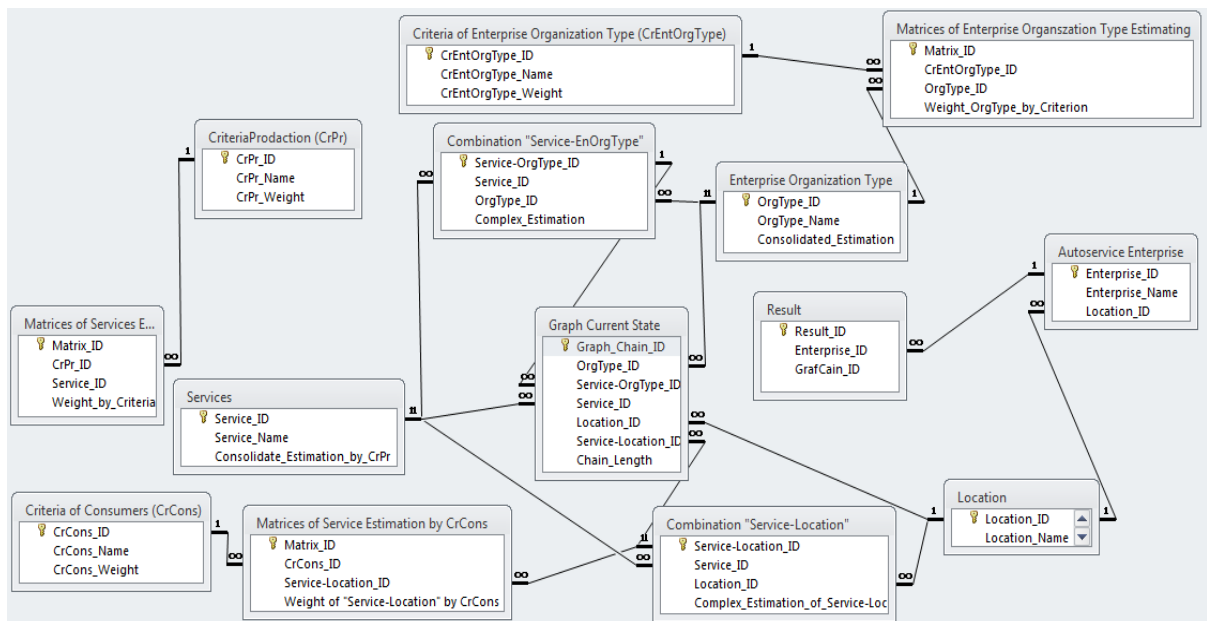


Рис. 4.14. Логічна модель бази даних підсистеми вибору оптимальної форми організації автосервісного підприємства

Створення програмного комплексу підсистеми вибору форми організації АСП, який забезпечує комп'ютерну підтримку реструктуризації окремого підприємства в системі управління якістю [236], базується на функціональній моделі, що представлено авторами в роботі [237]. Реалізацію моделі здійснено в середовищі візуальної розробки програмних додатків Delphi 7.0, що підтримує концепцію об'єктно-орієнтованого програмування.

При запуску розробленого Delphi-проекту SYSCHOICE відкривається головне вікно програми, яке містить наступні пункти головного меню: «Файл», «Опитування», «Матриці», «Показники якості», «Форма організації» та «Допомога». Пункт «Файл» містить стандартні команди для роботи з файлами. Пункт «Опитування» призначений для отримання числових значень експертних оцінок за результатами анкетування експертів наочної області та споживачів, використовуючи шкалу відносної важливості [216]. За допомогою підменю «Матриці» формуються матриці порівнянь об'єктів наочної області та відповідних до них критеріїв, визначаються необхідні для подальших розрахунків виробничі оцінки послуг, споживчі оцінки послуг, що враховують місце локації АСП, та оцінки форм організації підприємства. Підменю

«Показники якості» призначене для розрахунку наступних зведених показників: привабливість послуг за всіма виробничими критеріями; привабливість послуг в регіоні за всіма споживчими критеріями, рівень якості виконаних послуг, відповідно до форм організації АСП та розрахунку інтегрованого показника рівня якості виконаних послуг. Підменю «Форма організації» використовується для отримання рекомендації щодо вибору оптимальної стратегії організації роботи АСП. Меню «Допомога» відкриває інформацію про програмний комплекс.

Порядок визначення зазначених показників розглянемо на прикладі ПАТ «ЧЕРКАСИ-АВТО». Після запуску команди «Виробнича оцінка» підменю головного меню «Матриці» відкривається форма оцінки найчастіше пропонованих послуг на ПАТ з точки зору підприємця. В верхній частині форми знаходиться список, з якого можна обрати тип порівняльної матриці (рис. 4.15).

Оцінка послуг з точки зору виробника

Оберіть матрицю оцінки : Виробничі критерії

Оцінка виробничих критеріїв:

	K1	K2	K3	K4	Власний вектор	Ваговий коефіцієнт Wi
K1	1	0,33	3	0,33	0.76	0.15
K2	3	1	5	1	1.97	0.39
K3	0,33	0,2	1	0,2	0.34	0.07
K4	3	1	5	1	1.97	0.39

Назви послуг, що надаються підприємством:

- H1 - діагностування стану автомобіля;
- H2 - технічне обслуговування автомобіля;
- H3 - поточний ремонт автомобіля;
- H4 - переобладнання автомобіля.

Назви критеріїв якості виконання послуг з точки зору виробника:

- K1 - кваліфікація персоналу;
- K2 - параметри інструментів контролю і діагностичного устаткування;
- K3 - методики виконання послуг;
- K4 - технічні характеристики обладнання.

Оцінка Зберегти Вихід

Рис. 4.15. Форма порівняння виробничих критеріїв

При виборі пункту списку «Виробничі критерії» на середній панелі форми з'являється шаблон матриці оцінок виробничих критеріїв. При натисканні кнопки «Оцінка» визначаються власні вектори та вагові коефіцієнти виробничих критеріїв. Далі зі списку послідовно обираються необхідні критерії оцінки якості

виконаних послуг, з точки зору виробника, та обраховуються вагові коефіцієнти послуг за кожним критерієм.

На рис. 4.16 представлено результати обрахунків вагових коефіцієнтів за кваліфікацією персоналу. Аналогічно визначаються вагові коефіцієнти пропонованих послуг за критеріями: параметри інструментів контролю і діагностичного устаткування, методики виконання послуг, технічні характеристики обладнання.

Наступним кроком є оцінка послуг з точки зору споживачів. Спочатку власниками транспортних засобів оцінювалися споживчі критерії.

Методика вибору споживчих критеріїв описано в роботі [238]. На основі якісних оцінок програмно розраховуються кількісні оцінки споживчих критеріїв та їх вагові коефіцієнти. Команда «Комплексна оцінка споживачів» пункту головного меню «Матриці» надає можливість здійснювати порівняння послуг з точки зору споживачів, враховуючи місце розташування АСП за критеріями: надійність, час виконання, рівень сервісу та вартість.

Оцінка послуг з точки зору виробника

Оберіть критерій оцінки: Оцінка послуг за кваліфікацією персоналу

Відносна важливість послуг за кваліфікацією персоналу:

	H1	H2	H3	H4	Власний вектор	Ваговий коефіцієнт W_i
H1	1	0.2	3	3	1.16	0.21
H2	5	1	5	5	3.34	0.60
H3	0.33	0.2	1	0.33	0.38	0.07
H4	0.33	0.2	3	1	0.67	0.12

Назви послуг, що надаються підприємством

H1 - діагностування стану автомобіля;

H2 - технічне обслуговування автомобіля;

H3 - поточний ремонт автомобіля;

H4 - переобладнання автомобіля.

Назви критеріїв якості виконання послуг з точки зору виробника:

K1 - кваліфікація персоналу;

K2 - параметри інструментів контролю і діагностичного устаткування;

K3 - методики виконання послуг;

K4 - технічні характеристики обладнання.

Оцінка Зберегти Вихід

Рис. 4.16. Оцінка послуг за критерієм «Кваліфікація персоналу»

Аналогічно визначається привабливість форм організації підприємства за критеріями: розмір АСП та спеціалізація робітників.

Використовуючи меню «Показники якості» можна визначити зведені за всіма критеріями показники привабливості кожної послуги з точки зору підприємця – P_j (рис. 4.17), споживача – S_j (рис. 4.18), враховуючи місце локації АСП, та рівень якості виконаних послуг – Q_k за умови, що підприємство буде функціонувати за однією з чотирьох найпоширеніших форм організації (рис. 4.19).

Привабливість послуг з точки зору виробника

Показник привабливості послуг для СТО (P):

Результати розрахунків

Послуга	Показник привабливості, P
H1 - Діагностування стану автомобілів	0.314
H2 - Технічне обслуговування авто	0.254
H3 - поточний ремонт авто	0.261
H4 - переобладнання авто	0.171

Розрахувати Вихід

Рис. 4.17. Форма розрахунку показників привабливості послуг

Споживча якість

Показник споживчої якості можливих комбінацій "Послуга - Регіон" (Sj):

Результати розрахунків

i	Послуга	Форма організації АСП	Показник Sj	Ступінь показника
1	H1 - Діагностування	U1 - Столиця	0,12	
2	H1 - Діагностування	U2 - Районний центр	0,02	-
3	H1 - Діагностування	U3 - Обласний центр	0,06	
4	H1 - Діагностування	U4 - За межами міста	0,03	-
5	H2 - Техн. обслуговування	U1 - Столиця	0,12	
6	H2 - Техн. обслуговування	U2 - Районний центр	0,02	-
7	H2 - Техн. обслуговування	U3 - Обласний центр	0,06	
8	H2 - Техн. обслуговування	U4 - За межами міста	0,03	-
9	H3 - Поточний ремонт	U1 - Столиця	0,13	
10	H3 - Поточний ремонт	U2 - Районний центр	0,04	
11	H3 - Поточний ремонт	U3 - Обласний центр	0,07	
12	H3 - Поточний ремонт	U4 - За межами міста	0,05	
13	H4 - Переобладнання	U1 - Столиця	0,12	
14	H4 - Переобладнання	U2 - Районний центр	0,03	-
15	H4 - Переобладнання	U3 - Обласний центр	0,06	
16	H4 - Переобладнання	U4 - За межами міста	0,03	-

Розрахувати Вихід

Рис. 4.18. Результати визначення показників споживчої якості можливих комбінацій «Послуга-Регіон»

Привабливість форм організації АСП

Показник рівня якості виконуваних робіт на підприємствах з відповідною формою організації (Q):

Результати розрахунків

Форма організації	Показник якості робіт, Q
B1 - Постова з універсальним обладнанням	0,455
B2 - Постова зі спеціалізованим обладнанням	0,291
B3 - Дільнично-постова форма	0,182
B4 - Індивідуальна форма	0,072

Розрахувати Вихід

Рис. 4.19. Форма розрахунку рівня якості виконаних послуг на автосервісному підприємстві з відповідною формою організації

Символом «-» в останньому стовпці на рис. 4.18 виділено рядки з відносно малими значеннями показника споживчої якості. Такий варіант алгоритмічно передбачено. Відповідні комбінації в подальших розрахунках не використовуються.

На базі отриманих вище показників визначається рівень якості виконаних робіт (рис. 4.20).

Комплексна оцінка якості

Комплексний показник рівня якості виконання робіт (R)

Результати розрахунків

	B1	B2	B3	B4
H1	0,143	0,092	-	-
H2	0,115	0,074	-	-
H3	-	-	0,048	0,019
H4	-	-	0,031	0,012

Назви послуг, що надаються підприємством

H1 - діагностування стану автомобіля;

H2 - технічне обслуговування автомобіля;

H3 - поточний ремонт автомобіля;

H4 - переобладнання автомобіля.

Форми організації підприємства:

B1 - постова з універсальним обладнанням;

B2 - постова зі спеціалізованим обладнанням;

B3 - дільнично-постова форма;

B4 - індивідуальна форма.

Розрахувати Вихід

Рис. 4.20. Комплексний показник рівня якості виконаних послуг

Комірки таблиці, які містять символ «-», відповідають стовпцям з назвами форм організації АСП, що не рекомендовано експертами при виконанні послуг, зазначених у відповідних рядках (рис. 4.20).

Меню «Форма організації» запускає алгоритм визначення оптимальної організації роботи АСП. Даний алгоритм реалізовано на 3-дольному графі, принцип побудови якого описано авторами в [155]. Результати виконання команди представлено на рис. 4.21.

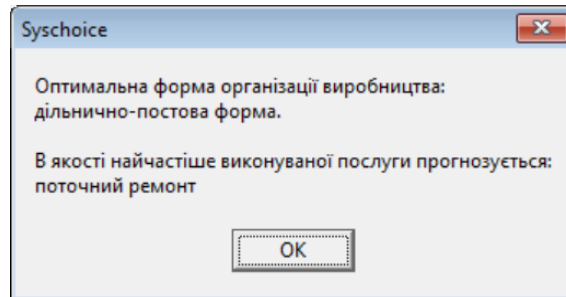


Рис. 4.21. Остаточний результат роботи програмного комплексу

4.8 Висновки до розділу 4

Було визначено параметри математичної моделі системи, які однозначно відповідають морфологічним ознакам її функціональних елементів.

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

Отримано модель системи автосервісу у вигляді множинної лінійної регресії, яка дозволяє кількісно оцінити вплив кожного із зазначених параметрів на функціонування АСП. Значення коефіцієнтів в рівнянні регресії свідчать про те, що найбільшу вагу мають рівень забезпеченості персоналом. Відносна середньоквадратична похибка даної моделі складає 5,1 %. Проте модель дає високу одиничну точність лише для типових середніх та крупних АСП. Це пояснюється неточністю інформації, наданою керівниками АСП гаражного типу.

Побудовано нелінійні моделі для системи автосервісу у вигляді систем нечіткого логічного виведення. Більш висока точність моделювання при цьому зросла завдяки використанню апарату нечітких множин, в якому закладено можливість використання неточних, приблизних даних.

Було визначено, що на точність системи нечіткого логічного виведення впливають тип та параметри обраних функцій належності для входів та виходів системи. Результати комп'ютерного експерименту довели доцільність використання трапецієвидних функцій належності з параметрами.

В процесі тестування систем логічного виведення Мамдані та Сугено на АСП контрольної вибірки визначено, що побудовані моделі є адекватними, та виявлено, що метод дефазифікації також впливає на точність результату.

Було визначено, що більш точно відображає реальні системи автосервісу математична модель типу Сугено, в якій реалізовано метод дефазифікації зваженого середнього. Відносне 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. Більш висока точність моделі Сугено пояснюється тим, що значення вихідної характеристики в зазначеній моделі задано в кількісному вигляді.

Модель типу Мамдані доречно використовувати, коли немає можливості кількісно оцінити рівень якості виконаних технологічних процесів на АСП. Однією з переваг використання систем нечіткого логічного виведення є можливість візуалізації результатів дослідження довільного АСП.

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.

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

Застосування апарату нечітких множин, що враховує можливість похибки вхідних параметрів системи, свідчить про стійкість вихідної характеристики моделі до змін вхідних параметрів під впливом неврахованих зовнішніх

факторів. Похибки виходів моделі типу Сугено підтверджують відтворюваність результуючої характеристики системи автосервісу. Обмеження на використання результатів дослідження накладають діапазони можливих значень морфологічних ознак функціональних елементів системи.

Було підтверджено за допомогою застосування пакету Matlab та його модуля роботи з нечіткими множинами Fuzzy Logic Toolbox, в якому передбачено використання алгоритму виведення Сугено, що найвагомішим параметром, що має вплив на підвищення коефіцієнту якості для всіх видів підприємств, є X_5 – Рівень забезпеченості персоналом.

Розроблено комплекс математичних моделей нижнього та верхнього рівнів. На нижньому рівні моделювання здійснюється структуризація експертної інформації про те, що є у розпорядженні автотранспортного підприємства (трудові, технічні ресурси). На верхньому рівні моделювання формулюється і досліджується завдання знаходження альтернативних проектів підвищення якості технологічних процесів та вибір кращого з них.

Розроблено програмний комплекс, призначений для підтримки реструктуризації виробництва та здійснено його апробацію на прикладі ПАТ «Черкаси-Авто», що є структурним підрозділом корпорації «Укравто». Даний комплекс можна впроваджувати як окрему інформаційно-аналітичну систему, так і інтегрувати до складу інтелектуальної системи управління якістю технологічних процесів системи автосервісу.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОСЕРВІСУ НА ЯКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

5.1 Вплив параметрів функціонального елементу «АСП» на величину коефіцієнта якості технологічних процесів підприємств автосервісу різних типів

5.1.1 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Пункт ТО»

Для об'єктивної оцінки динаміки якості технологічних процесів необхідно дослідити її залежність від параметрів системи на прикладі типових підприємств автосервісу: пунктів ТО, авторемонтних майстерень, станцій технічного обслуговування, авторизованих, спеціалізованих та комплексних АСП.

Значну частку від загальної кількості пунктів ТО на ринку автосервісу складають автомийки. Дослідження змін коефіцієнту якості технологічних процесів пунктів ТО проведено на прикладі автомийки «Нептун», м. Черкаси. За статистичними даними значень незалежних параметрів даного підприємства отримано модельне значення $K_{\text{я}}=0,654$ (рис. 5.1).

Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості (0,69) складає 0,0012, а відносне квадратичне відхилення – 0,0027.

Для аналізу впливу суттєвих параметрів функціонального елементу «АСП» на коефіцієнт $K_{\text{я}}$ необхідно дослідити відповідні графіки на основі моделі логічного виведення Сугено, за якої отримано найменшу похибку моделювання. Зазначений функціональний елемент характеризується наступними незалежними параметрами системи: X_2 – потужність АСП, X_5 – рівень забезпеченості персоналом, X_9 – форма організації виробництва.

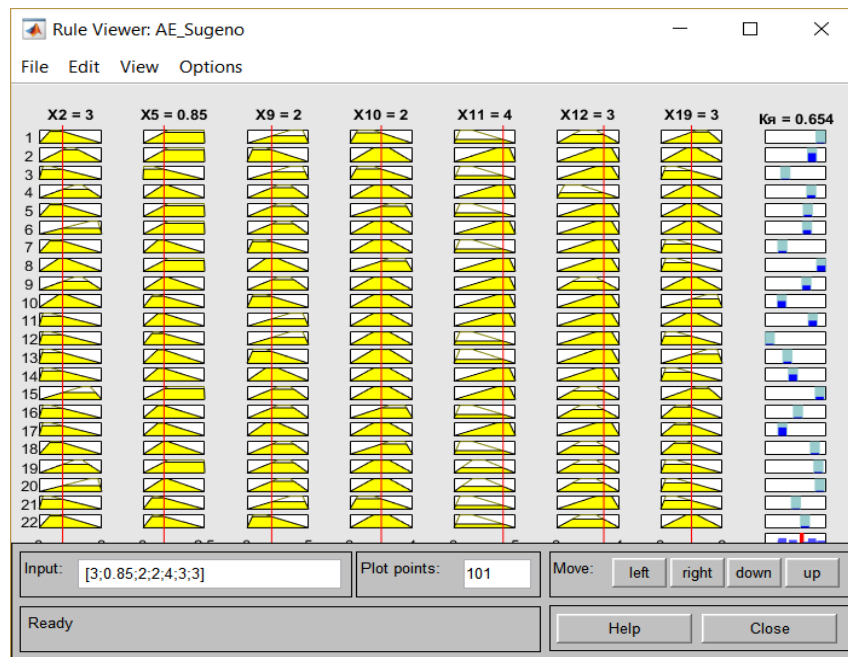


Рис. 5.1. Модельне значення $K_{я}$ для АСП типу пункт ТО

5.1.2 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «пункт ТО»

Наочне представлення залежності $K_{я}$ (output1) від параметрів X_2 та X_5 , за фіксованих значень інших параметрів пункту ТО, наведено на рис. 5.2.

При побудові правил нечіткого виведення Сугено було використано трапецієвидні функції належності. Алгоритм нечіткого виведення потребує, щоб функції належності різних термів одного й того ж параметру перетинались. Для досягнення достатньої точності моделювання верхні границі останніх термів просторів значень кожного параметру було винесено за межі області визначення даного параметру. Особливості даного підходу було враховано під час аналізу динаміки змін коефіцієнту якості технологічних процесів.

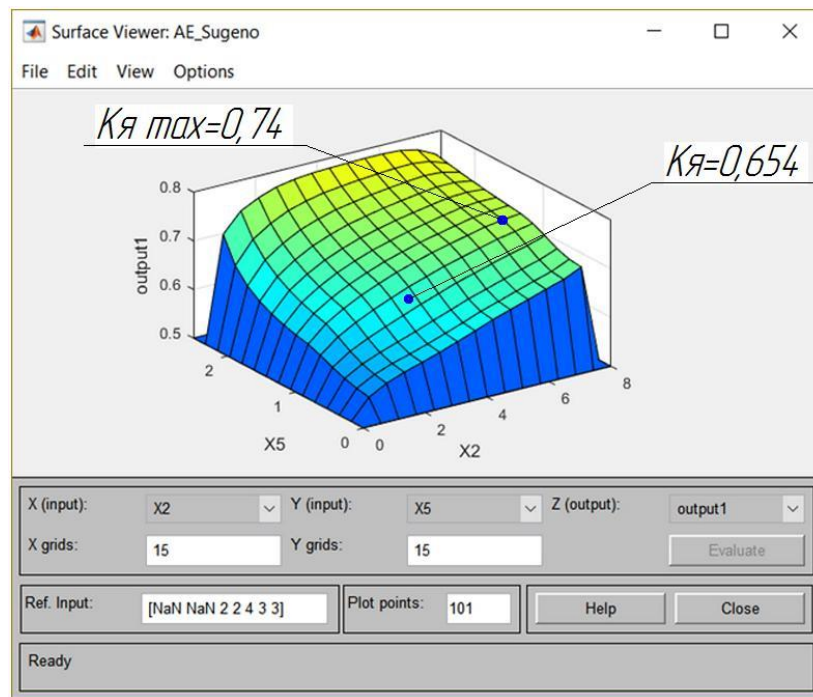


Рис. 5.2. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для пункту ТО

Враховуючи зазначене вище, за результатами аналізу поверхні (рис. 5.2) можна стверджувати, що найбільше значення коефіцієнту якості 0,74 досягається при $X_2 \in [A_2^4, A_2^6]$, потужність АСП 7-12 постів, та $X_5 \geq 1$, що відповідає високому та надлишковому рівням забезпеченості персоналом. Високе значення коефіцієнту якості технологічних процесів при надлишковому рівні забезпеченості персоналом пояснюється прямою залежністю якості виконаних робіт від кількості персоналу. Проте збільшення людських ресурсів потребують збільшення витрат на утримання персоналу, забезпечення підвищення кваліфікації персоналу та витрат на заходи контролю щодо дотримання технологічної дисципліни. Тому рівень забезпеченості персоналом доцільно обмежити одиницею $X_5=1$, що відповідає $K_{я\max} = 0,74$.

Коефіцієнт якості також має пряму залежність від кількості постів. Зі зростанням потужності АСП зростає якість. Це обумовлено тим, що кількість автомобілів, що очікують на обслуговування зменшується, психологічна напруга спадає. Власники автомийок знижують тиск на персонал щодо штучного

скорочення термінів обслуговування ціною зменшення якості в умовах жорстокої конкуренції. Проте при кількості постів на пунктах ТО вище 12 спостерігається незначний спад якості обслуговування за причини великої перевантаженості всіх видів ресурсів. Найменше значення коефіцієнту якості ($\approx 0,57$) прогнозується, якщо зазначені параметри належать до перших термів: $X_2 \in A_2^1$ та $X_5 \in A_5^1$, що відповідає потужності 1-2 пости та дуже низькому рівню забезпеченості персоналом.

Тому для пункту ТО рекомендовано збільшити кількість постів до 7 та більше, а також підтримувати рівень забезпеченості персоналом на високому рівні. Це дасть змогу збільшити коефіцієнт якості на 13,2 %.

Результати аналізу впливу форми організації виробництва на якість технологічних процесів (рис. 5.3 та рис. 5.4) дозволяють стверджувати, що оптимальною формою для пунктів ТО є індивідуальна, що гарантує забезпечення виконання всіх вимог клієнта.

Тому при зміні форми організації пункту ТО на індивідуальну та збільшенні кількості постів до 11, стає можливим підвищити коефіцієнт якості на 13,9 %.

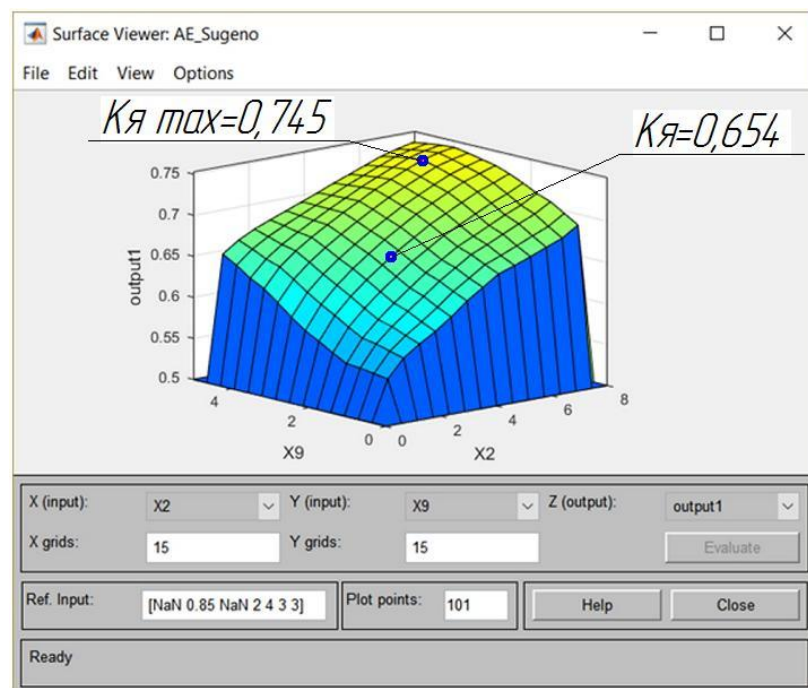


Рис. 5.3. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для пункту ТО

Залежність між якістю обслуговування та формою організації виробництва і рівнем забезпеченості персоналом на пункті ТО має нелінійний характер та не може вважатись ні зростаючою, ні спадаючою у глобальній області визначення (рис. 5.4).

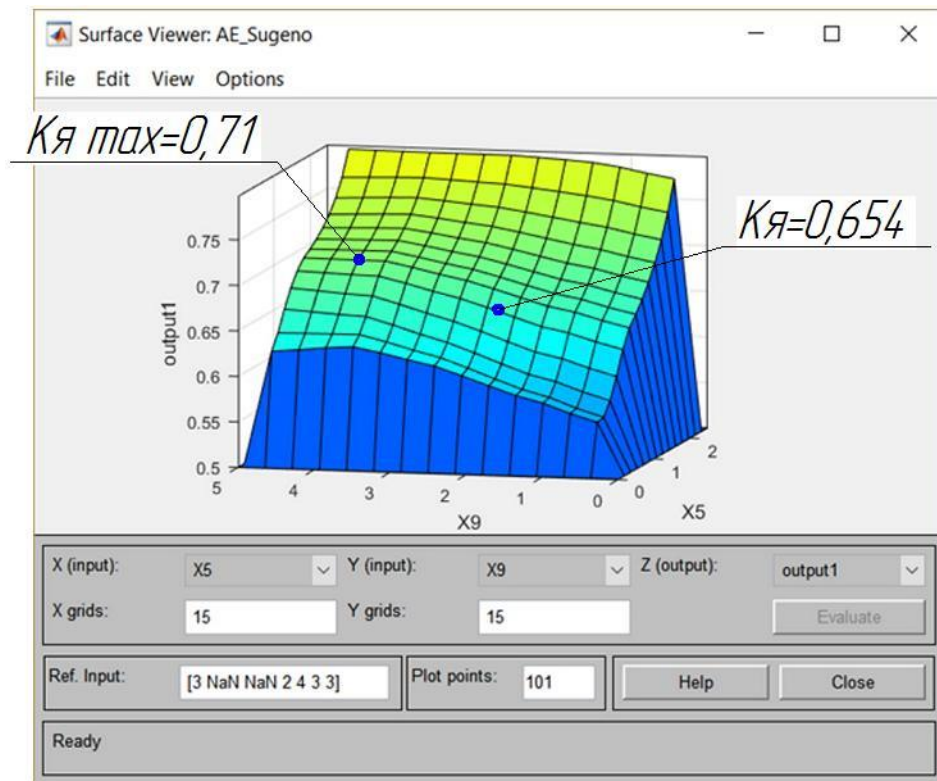


Рис. 5.4. Залежність коефіцієнта якості від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для пункту ТО

Проте ця залежність також свідчить про доречність застосування індивідуальної форми організації виробництва в пунктах ТО. Найнижчий коефіцієнт якості досягається при $X_9=1$ – постова форма організації з універсальним обладнанням. Тобто, якщо змінити форму організації на індивідуальну та підтримувати високий рівень забезпеченості персоналом, то можливо збільшити коефіцієнт якості на 8,6 %

5.1.3 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Авторемонтна майстерня»

Динаміку змін показника якості технологічних процесів авторемонтних майстерень досліджено на прикладі АСП ФОП «Ольвія».

За існуючих параметрів коефіцієнт якості за моделлю дорівнює 0,613 (рис.5.5). Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості (0,6) складає 0,0002, а відносне квадратичне відхилення – 0,0005.

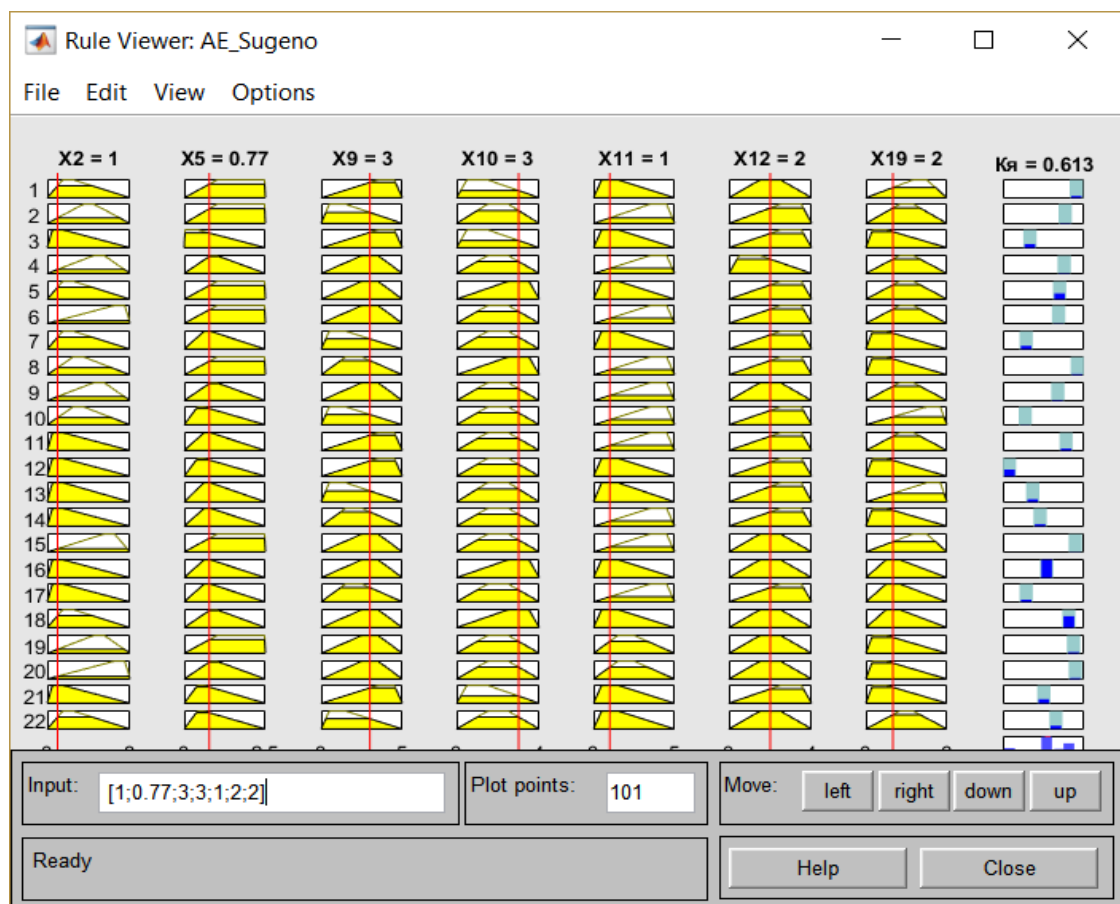


Рис. 5.5. Модельне значення $K_{я}$ для авторемонтної майстерні ФОП «Ольвія», м.

Черкаси

5.1.4 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Авторемонтна майстерня»

Результати аналізу поверхні $K_{\text{я}} = F(X_2, X_5)$, що відображає залежність коефіцієнту якості технологічних процесів від потужності АСП та рівня забезпеченості персоналом (рис. 5.6.), близькі до результатів та підтверджують висновки, які було отримано в процесі дослідження впливу параметрів функціонального елементу «АСП» на якість технологічних процесів пунктів ТО.

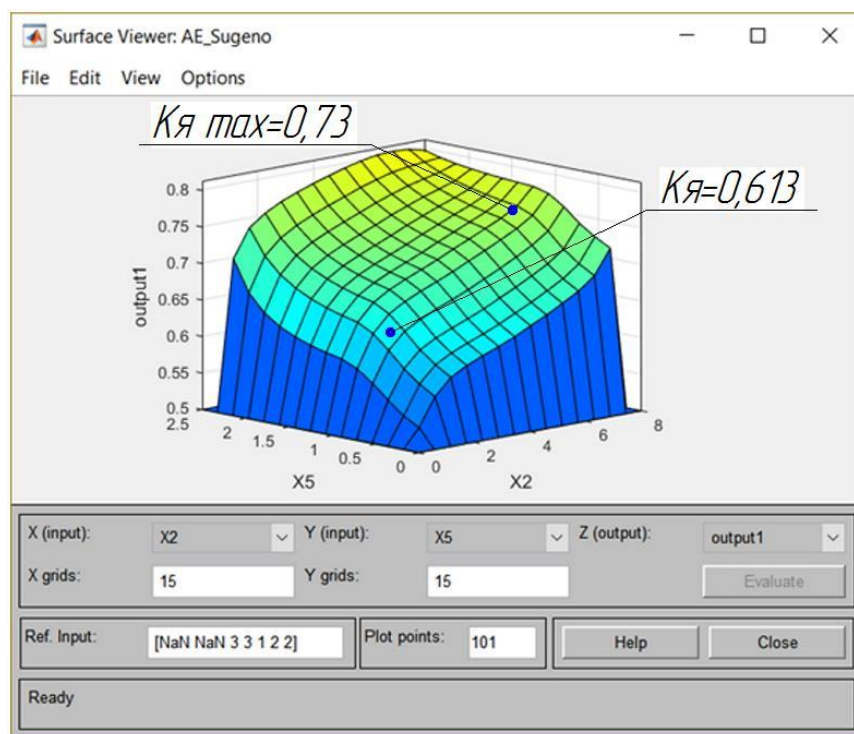


Рис. 5.6. Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для авторемонтних майстерень

Проте при зростанні значень параметрів динаміка змін якості технологічних процесів зменшується. При високому рівні забезпеченості персоналом прогнозоване значення коефіцієнту якості перевищує статистичне та модельне значення, починаючи вже з другого терму $X_2 \in [A_2^2, A_2^7]$, що відповідає

потужності $>(3-4)$ пости. А за існуючого рівня забезпеченості персоналом – вже з першого терму $>(1-2)$ пости).

Тому, щоб підвищити коефіцієнт якості на 24,0 %, необхідно збільшити кількість постів до 12 та досягти високого рівня забезпеченості персоналом.

Виходячи з аналізу поверхонь $K_{я} = F(X_2, X_9)$ та $K_{я} = F(X_5, X_9)$ (рис. 5.7 та рис. 5.8), для авторемонтних майстерень оптимальною формою організації виробництва є дільнично-постова, що відповідає третьому терму $X_9 \in A_9^3$. Тобто, щоб підвищити коефіцієнт якості на 19,1 %, авторемонтні майстерні повинні мати дільнично-постову форму організації та кількість постів >12 .

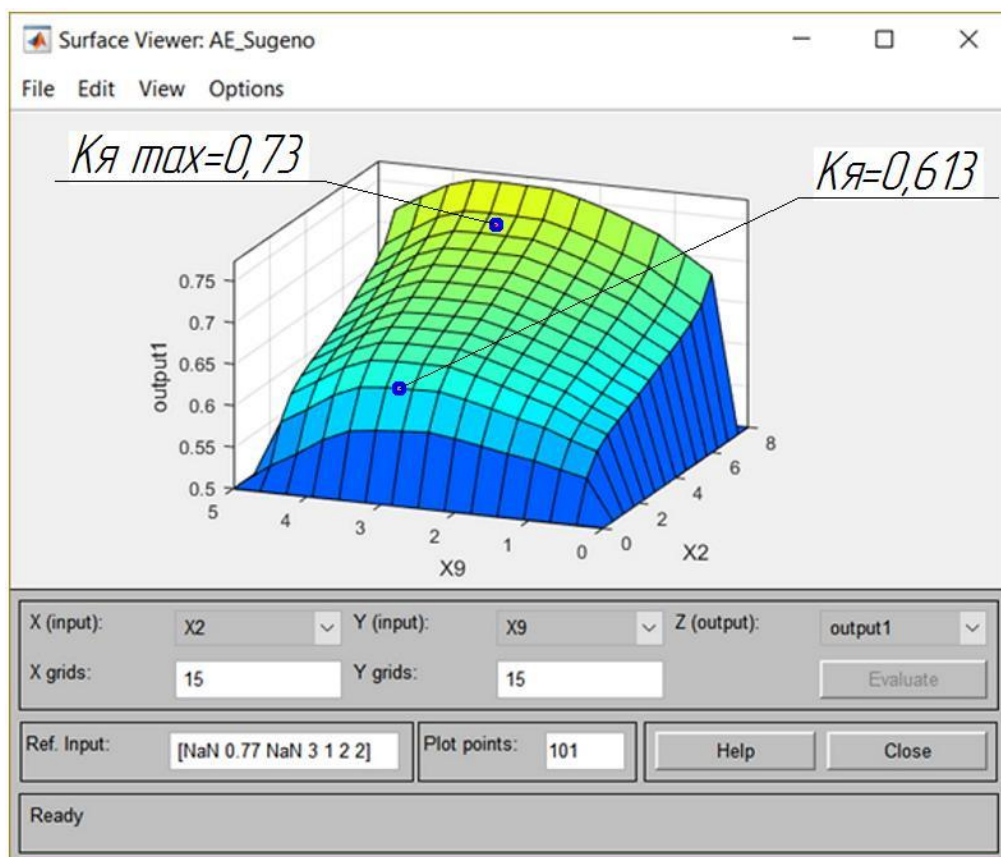


Рис. 5.7. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для авторемонтних майстерень

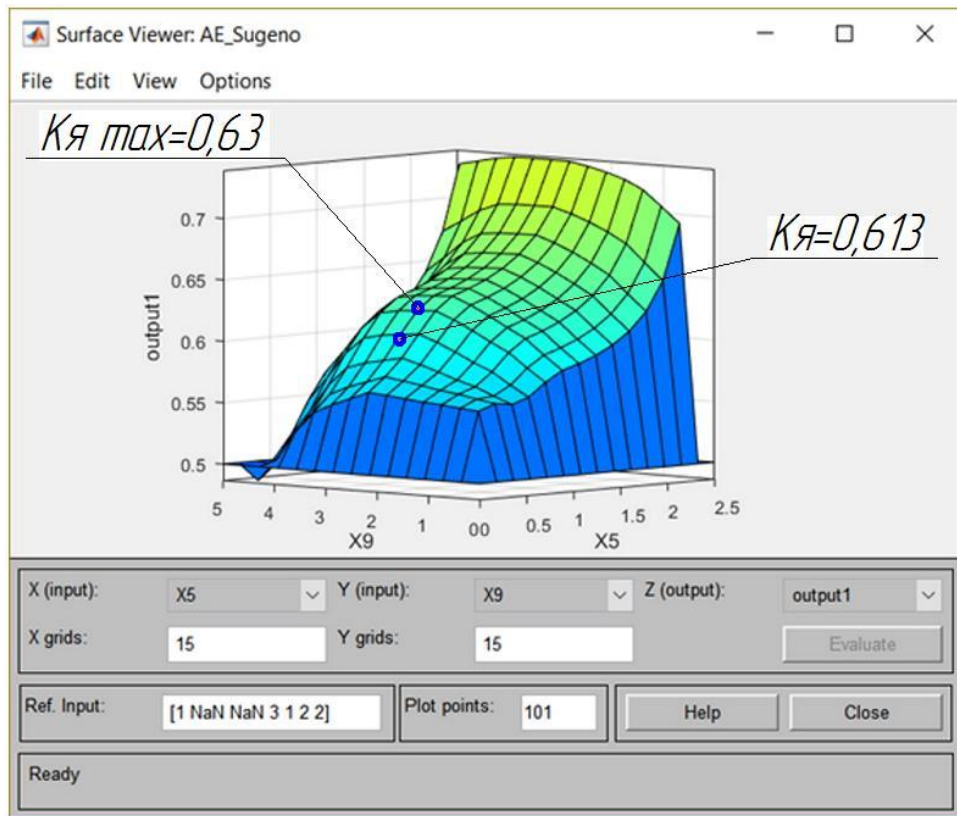


Рис. 5.8. Залежність коефіцієнта якості від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для авторемонтних майстерень

При існуючому рівні забезпеченості персоналом та потужності АСП значення рівня якості більше за статистичне забезпечить також постова форма зі спеціалізованим обладнанням. При кількості постів $n=1,2$ та дуже низькому рівні забезпеченості персоналом застосовувати індивідуальну форму не рекомендовано. За даних умов індивідуальна форма виробництва забезпечить мінімальний рівень якості технологічних процесів. Тобто за недостатньої кількості та кваліфікації робітників і за наявності лише 1-2 пости персонал може виконувати лише стандартні нескладні операції, які не передбачають індивідуального підходу до конкретного ТЗ.

Тому для підвищення коефіцієнту якості на 2,3 % в авторемонтних майстернях необхідно забезпечити дільнично-постову форму організації підприємства та підвищити рівень забезпеченості персоналом до 1.

5.1.5 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «СТО»

Проаналізуємо динаміку змін коефіцієнта якості станцій технічного обслуговування на прикладі ТОВ «Боярд і К», м. Черкаси.

За існуючих параметрів коефіцієнт якості за моделлю складає 0,459 (рис.5.9). Квадратичне відхилення від статистичного значення (0,42) складає 0,0015, а відносне квадратичне відхилення – 0,0086.

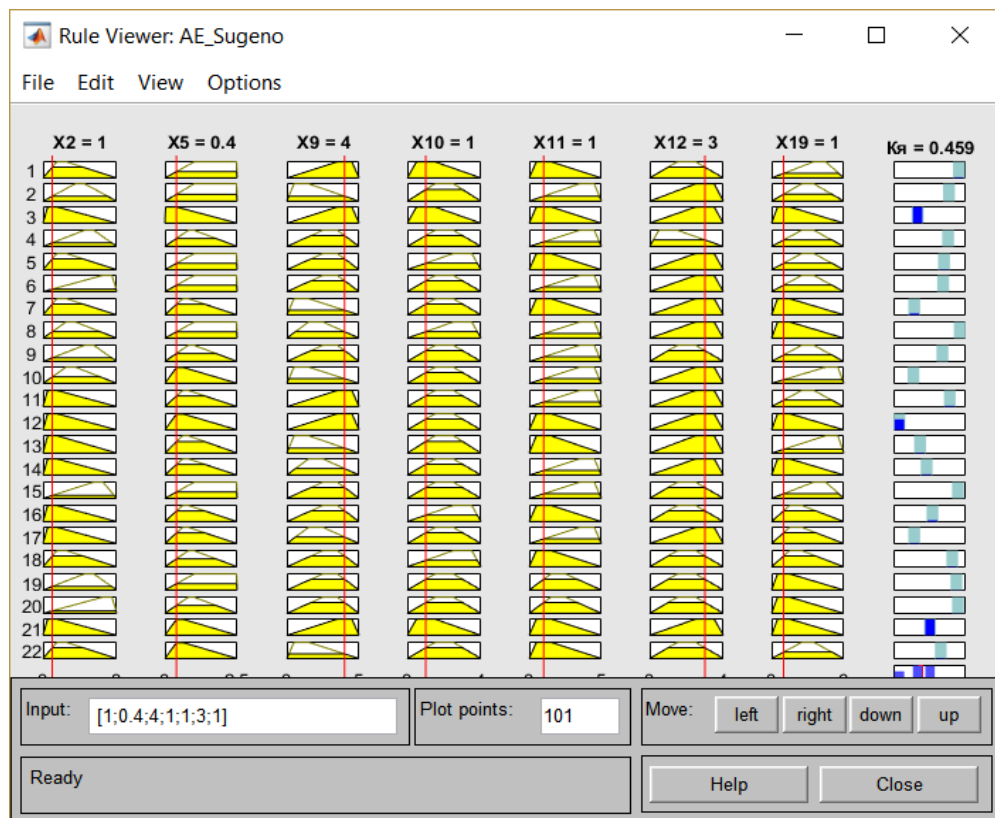


Рис. 5.9. Модельне значення $K_{я}$ для СТО ТОВ «Боярд і К»

5.1.6 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «СТО»

Результати аналізу поверхні $K_{я} = F(X_2, X_5)$ для ТОВ «Боярд і К» (рис.5.10.) показали, що рівень забезпеченості персоналом має більший вплив на якість технологічних процесів СТО, ніж кількість постів. Кількість, кваліфікація

персоналу та технологічна дисципліна є більш вагомими. При низькому та середньому рівні забезпеченості персоналом коефіцієнт якості стрімко зростає, проте при високому рівні $X_5 \geq 0,8$ та $X_2 > 3$ (кількість постів >6) цей процес уповільнюється. Максимальне значення коефіцієнту якості спостерігається при $X_2 = 7$ (кількість постів >12).

Тому, для підвищення коефіцієнту якості на 46,0 % на СТО повинно бути 12 і більше постів та високий рівень забезпеченості персоналом.

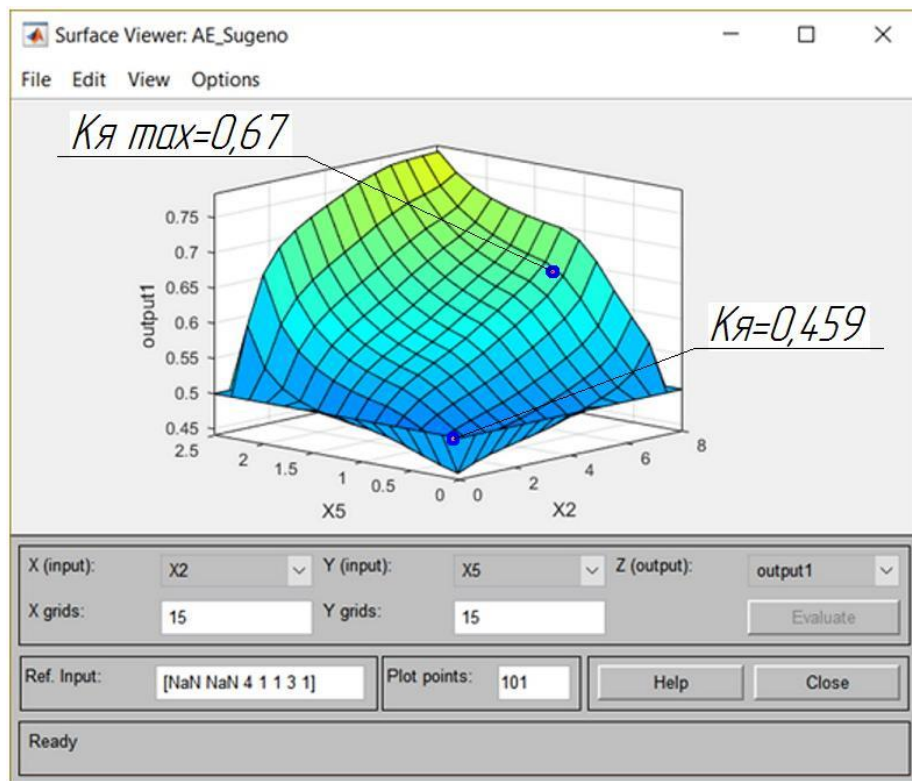


Рис. 5.10. Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для СТО

Залежність рівня якості від форми організації виробництва СТО графічно представлена на рис. 5.11 та рис. 5.12.

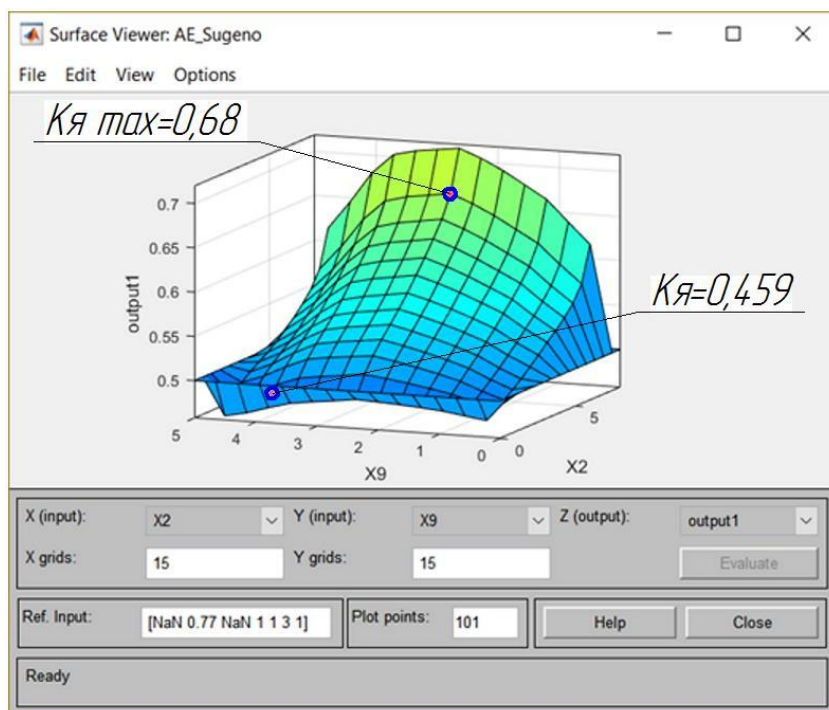


Рис. 5.11. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для СТО

Для підвищення коефіцієнту якості на 48,1 % на СТО потрібно забезпечити постову форму зі спеціалізованим обладнанням та кількість постів збільшити до 12 та більше.

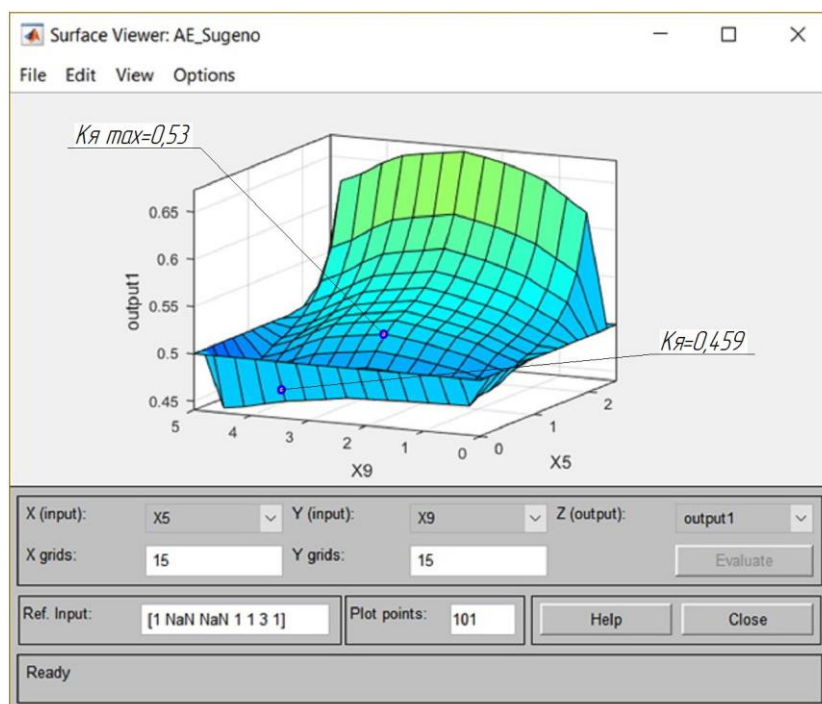


Рис. 5.12. Залежність коефіцієнта якості від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для СТО

Для підвищення коефіцієнту якості на 15,5 % на СТО потрібно забезпечити дільнично-постову форму організації та високий рівень забезпеченості персоналом.

Виходячи з аналізу рис. 5.11 та 5.12 можна зробити висновок, що комбінація $X_2 \times X_9$ більше впливає на якість технологічних процесів, ніж комбінація $X_5 \times X_9$. Статистичне та модельне значення коефіцієнта якості ($K_{\text{я}} = 0,42$ та $K_{\text{я}} = 0,459$ відповідно) пояснюється дуже низькою потужністю АСП $X_2 = 1$ (1-2 пости) та низьким рівнем забезпеченості персоналом $X_5 = 0,4$. Рівень якості незначуще залежить від кількості та кваліфікації персоналу (рис. 5.12) і практично не залежить від форми організації виробництва. Проте, зважаючи на рис. 5.11 та рис. 5.12, рекомендованими формами виробництва для СТО треба вважати дільнично-постову та постову зі спеціалізованим обладнанням, як ті, що забезпечують рівень якості вищий за існуючий.

5.1.7 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Авторизована СТО»

Аналіз залежності якості технологічних процесів від параметрів авторизованих СТО здійснено на прикладі ТОВ «Дніпромотор», м. Дніпро.

Модельне значення коефіцієнту якості дорівнює 0,637 (рис. 5.13). Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості (0,64) складає 0,00001, а відносне квадратичне відхилення – 0,00002.

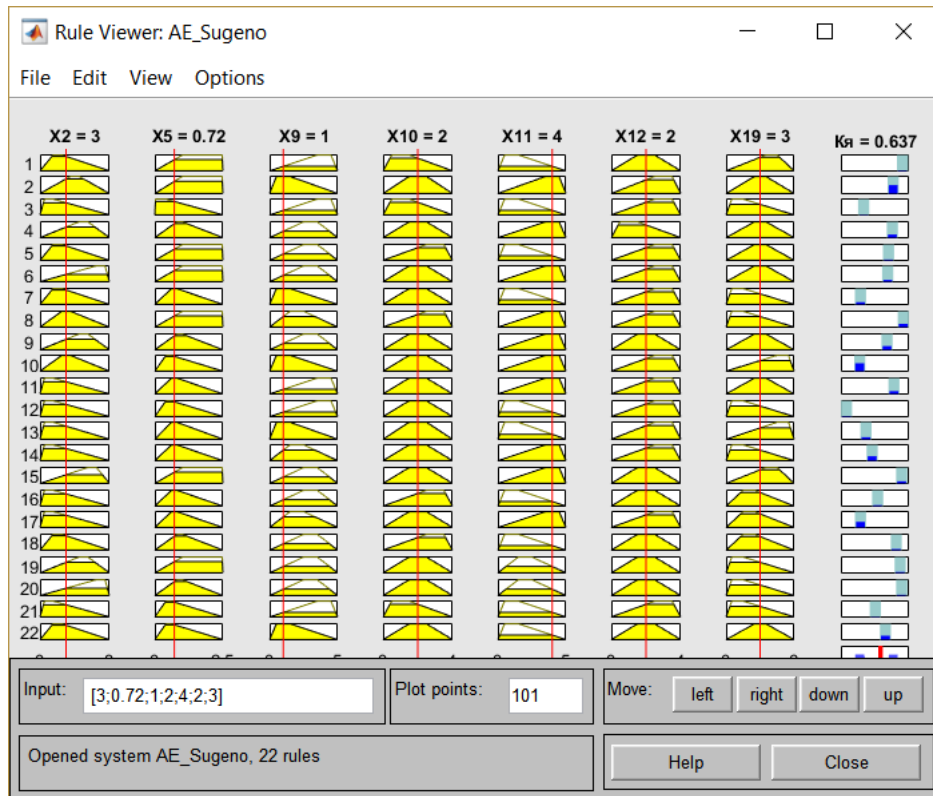


Рис. 5.13. Візуалізація логічного виведення $K_{\text{я}}$ авторизованого СТО ТОВ «Дніпромотор», м. Дніпро

5.1.8 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Авторизована СТО»

За умов, що $X_2 \in [A_2^4, A_2^7]$ (кількість постів ≥ 7) та $X_5 \rightarrow 1$, коефіцієнт якості $K_{\text{я}} \approx \text{const}$ (рис. 5.14). Тобто, при високому рівні забезпеченості персоналом та потужності 7 постів подальше збільшення кількості постів вагомо не впливає на покращення якості технологічних процесів. Коефіцієнт якості за цих умов знаходиться в межах $[0,72, 0,82]$. Щоб підвищити коефіцієнт якості на 13,0 % на авторизованому СТО рекомендовано мати не менше 7 постів та високий рівень забезпеченості персоналом.

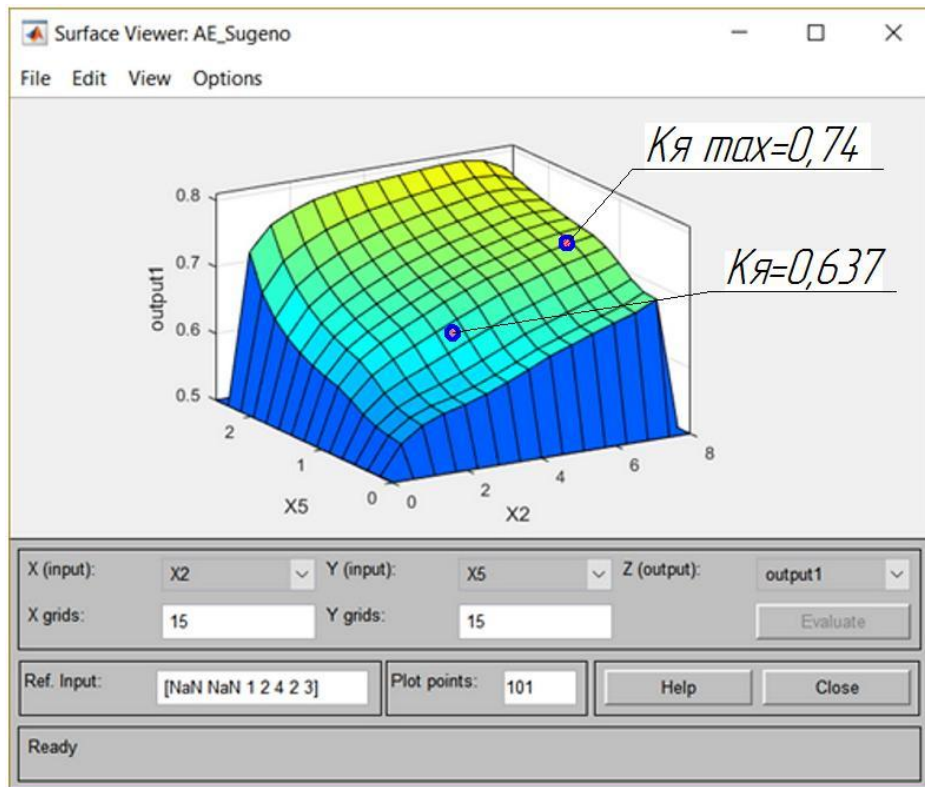


Рис. 5.14. Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для авторизованої СТО

Результати аналізу поверхонь (рис. 5.15 та рис. 5.16) свідчать, що оптимальною формою виробництва для авторизованих СТО є дільнично-постова, $X_9 = 3$.

Для підвищення коефіцієнту якості на 17,7 % на авторизованому СТО повинна бути дільнично-постова форма організації та кількість постів 12 та більше.

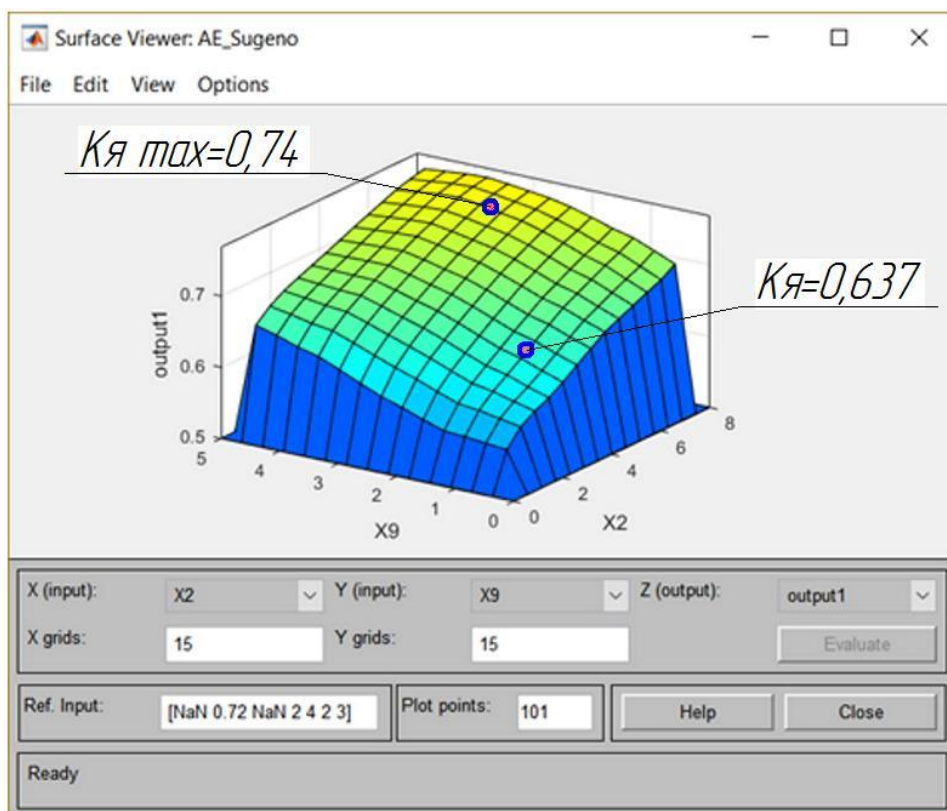


Рис. 5.15. Залежність $K_{я}$ від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для авторизованої СТО

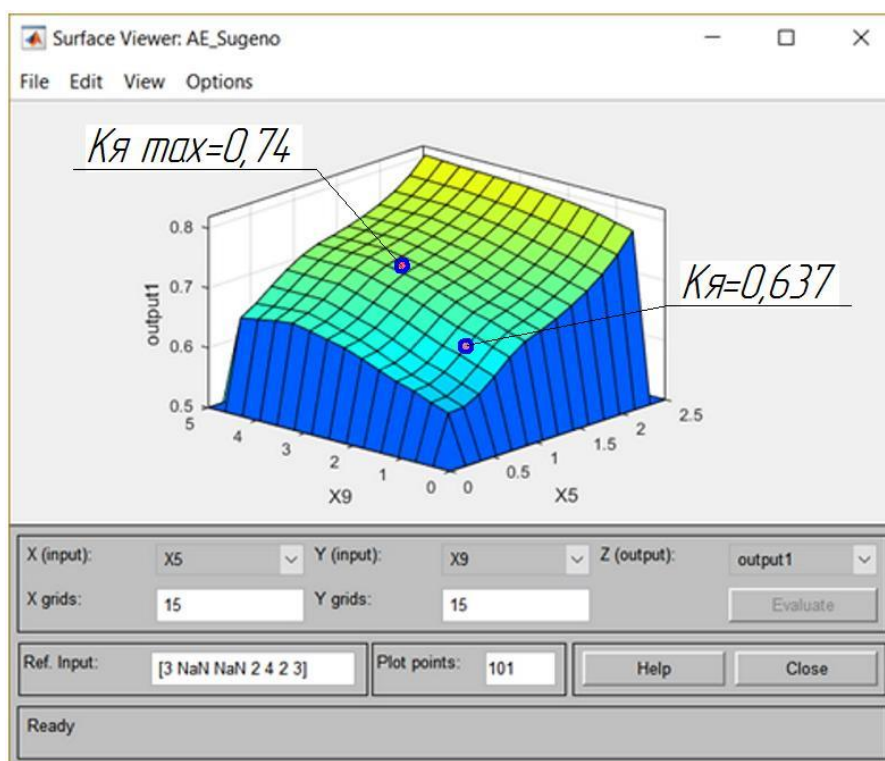


Рис. 5.16. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для авторизованої СТО

Даний висновок підтверджується результатами дослідження авторизованого СТО ПАТ «Черкаси-АВТО», м. Черкаси, в розділі 4. За допомогою розробленої автоматизованої системи, що враховує місце розташування АСП, виробничі та споживчі критерії пропонованих послуг, для даного СТО було визначено пріоритетність дільнично-постової форми організації виробництва.

При $X_2 \in [A_2^1, A_2^2]$ (кількість постів < 5) (рис. 5.15) рекомендовано індивідуальну форму виробництва, за якої при високому рівні персоналу можливе забезпечення високого рівня якості. Що до інших форм організації виробництва, то навіть при потужності в 1-2 пости (рис. 5.15) та дуже низькому рівні забезпеченості персоналом (рис. 5.16), коефіцієнт якості не буде меншим за середній рівень $(0,4, 0,6]$ (за умови актуальних значень інших параметрів). При збільшенні рівня кваліфікації персоналу форма організації виробництва незначуще впливає на якість технологічних процесів ($\Delta K_y \rightarrow 0$). Найбільша вагомість кількості, кваліфікації та технологічної дисципліни персоналу співпадає з висновком, що впливає з аналізу значень коефіцієнтів лінійної регресії (розділ 4).

5.1.9 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Спеціалізоване АСП»

Аналіз динаміки змін коефіцієнта якості для спеціалізованих АСП здійснено на прикладі ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси.

Коефіцієнт якості за моделлю дорівнює 0,646 (рис. 5.17). Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості (0,68) складає 0,0012, а відносне квадратичне відхилення – 0,0025.

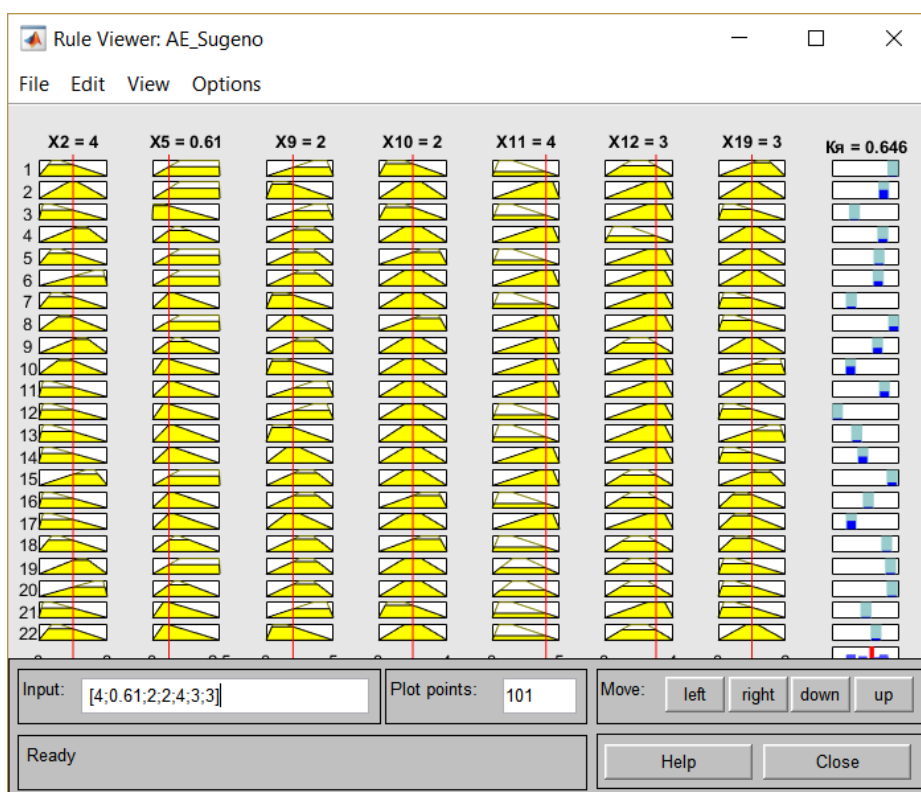


Рис. 5.17. Модельне значення K_d для спеціалізованого АСП ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС»

5.1.10 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Спеціалізоване АСП»

Рівень якості в більшій мірі залежить від рівня забезпеченості персоналом, ніж від кількості постів (рис. 5.18).

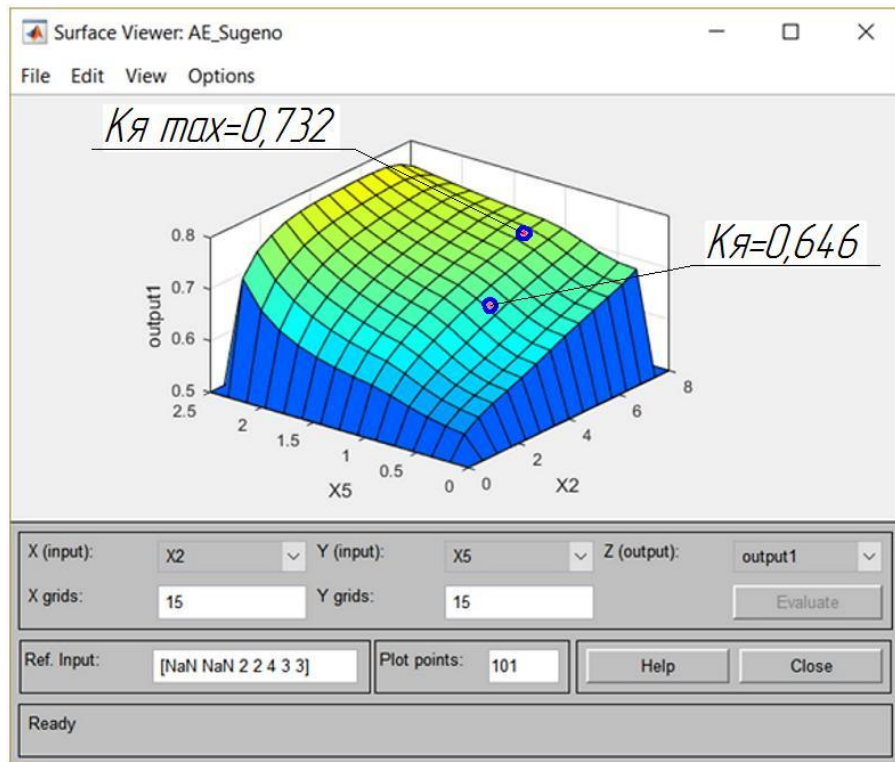


Рис. 5.18. Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для спеціалізованого АСП

Якщо видалити з розгляду крайній терм, що відповідає надлишковому рівню забезпеченості персоналом, то за умови середнього та високого рівнів забезпеченості персоналом у кожному термі X_2 коефіцієнт $K_{я} \approx const$. Персонал має вузьку спеціалізацію. Підвищувати кваліфікацію працівників необхідно лише за конкретним профілем. Більш досвідчений працівник, що пройшов стажування та підвищив рівень своєї кваліфікації, може забезпечити навчання менш досвідченого персоналу. Кількість працівників може бути зменшено за рахунок підвищення рівня автоматизації виробництва.

Для підвищення коефіцієнту якості на 13,3 % на спеціалізованому АСП потрібно мати кількість постів >12 та високий рівень забезпеченості персоналом, що дорівнює 1.

В результаті аналізу поверхонь на рис. 5.19 та рис. 5.20 виявлено, що найбільш рекомендованими 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.

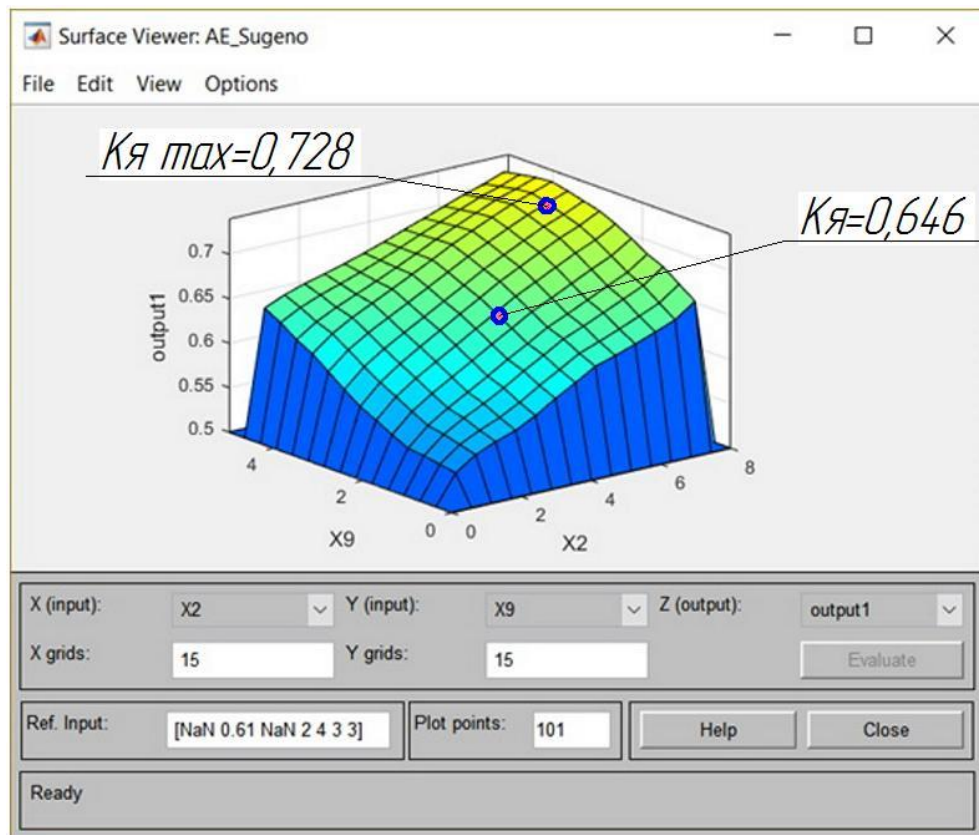


Рис. 5.19. Залежність $K_{я}$ від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для спеціалізованого АСП

При надлишковому рівні забезпеченості персоналом форма організації виробництва незначуще впливає на якість технологічних процесів ($\Delta K_{я} \rightarrow 0$). Проте при $X_5 < 0,8$ (дуже низький, низький, середній рівні) незначна перевага залишається за дільнично-постовою формою виробництва.

Для підвищення коефіцієнту якості на 12,7 % потрібно змінити форму організації на дільнично-постову та збільшити кількість постів до 12 і більше.

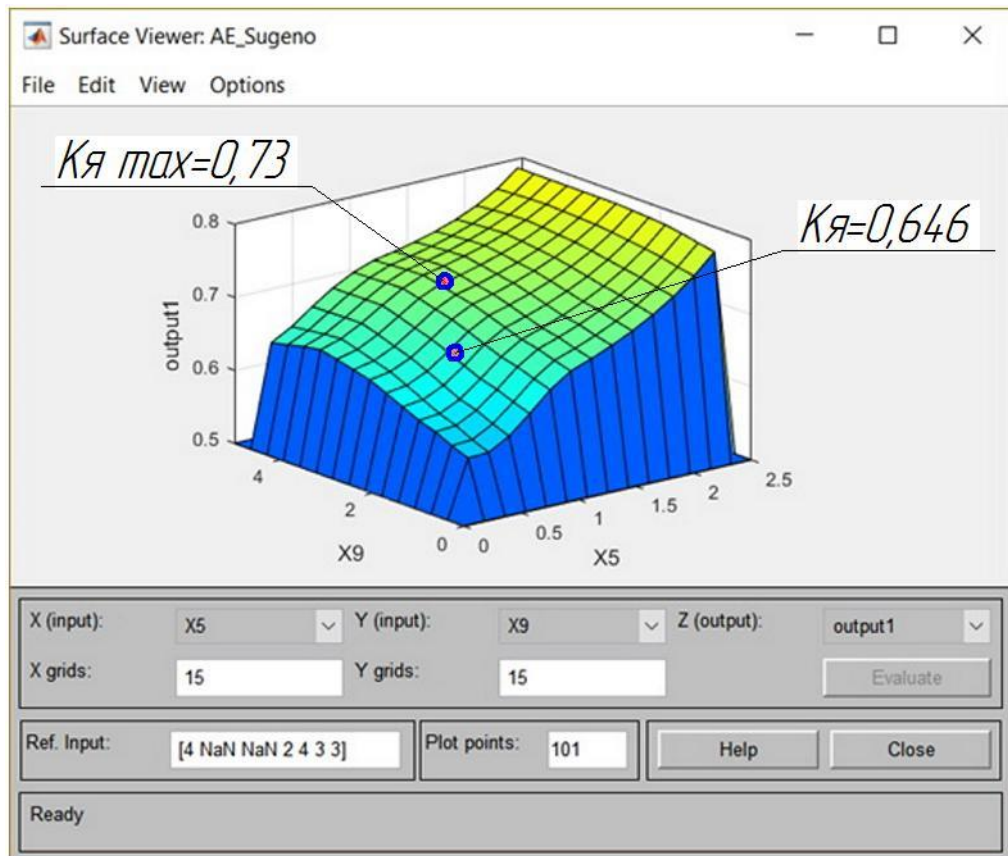


Рис. 5.20. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для спеціалізованого АСП

Для підвищення коефіцієнту якості на 13,0 % на спеціалізованому АСП потрібно забезпечити дільнично-постову форму організації та високий рівень забезпеченості персоналом.

Доцільність використання дільнично-постової форми виробництва обумовлено тим, що для спеціалізованих АСП, наприклад ті, які обслуговують автомобілі з газобалонними енергетичними установками, необхідним є наявність спеціалізованих виробничих дільниць (компресорна дільниця, дільниця по встановленню газобалонного обладнання та інші).

5.1.11 Формування модельного значення коефіцієнту якості для автосервісного підприємства типу «Комплексне АСП»

Аналіз динаміки змін коефіцієнта якості для комплексних АСП виконано на прикладі підприємства «КОЛОС-АВТО», м. Черкаси.

За отриманих в процесі статистичного аналізу значень параметрів системи коефіцієнт якості за моделлю дорівнює 0,774 (рис. 5.21). Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості (0,74) складає 0,00115, а відносне квадратичне відхилення – 0,00211.

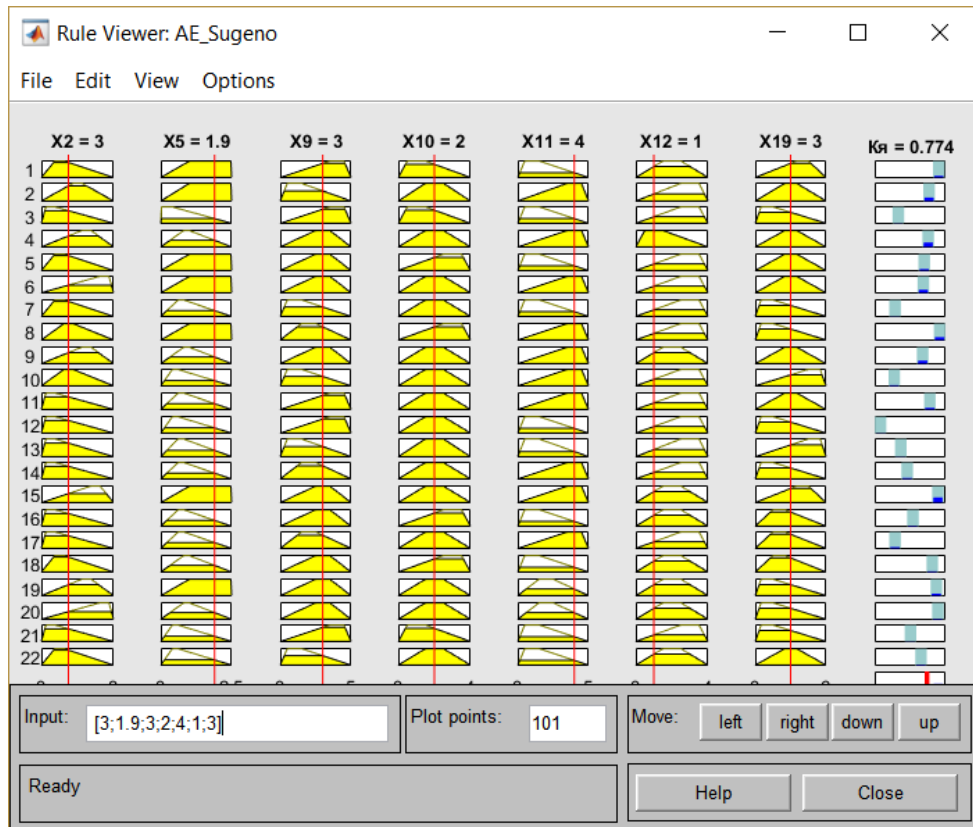


Рис. 5.21. Модельне значення $K_{\text{я}}$ для комплексного АСП «КОЛОС-АВТО»

5.1.12 Визначення показника якості технологічних процесів в залежності від потужності АСП, рівня забезпеченості персоналом та форми організації для автосервісу типу «Комплексне АСП»

З результатів аналізу поверхні $K_{\text{я}} = F(X_2, X_5)$ (рис. 5.22) [242] можна зробити висновок, що при низькому та середньому рівнях забезпеченості персоналом $X_5 < 0,8$ комплексних АСП коефіцієнт $K_{\text{я}}$ можна підвищити за рахунок збільшення потужності підприємства X_2 , проте при високому рівні забезпеченості персоналом коефіцієнт якості в меншій мірі залежить від

кількості постів. У випадку надлишкового рівня X_5 якість не залежить від потужності АСП. Загалом, рівень забезпеченості персоналом має незначну перевагу щодо вагомості по відношенню до кількості постів комплексного АСП.

Тобто для підвищення коефіцієнту якості на 0,8 % необхідно збільшити потужність до 11 постів та забезпечити високий рівень забезпеченості персоналом.

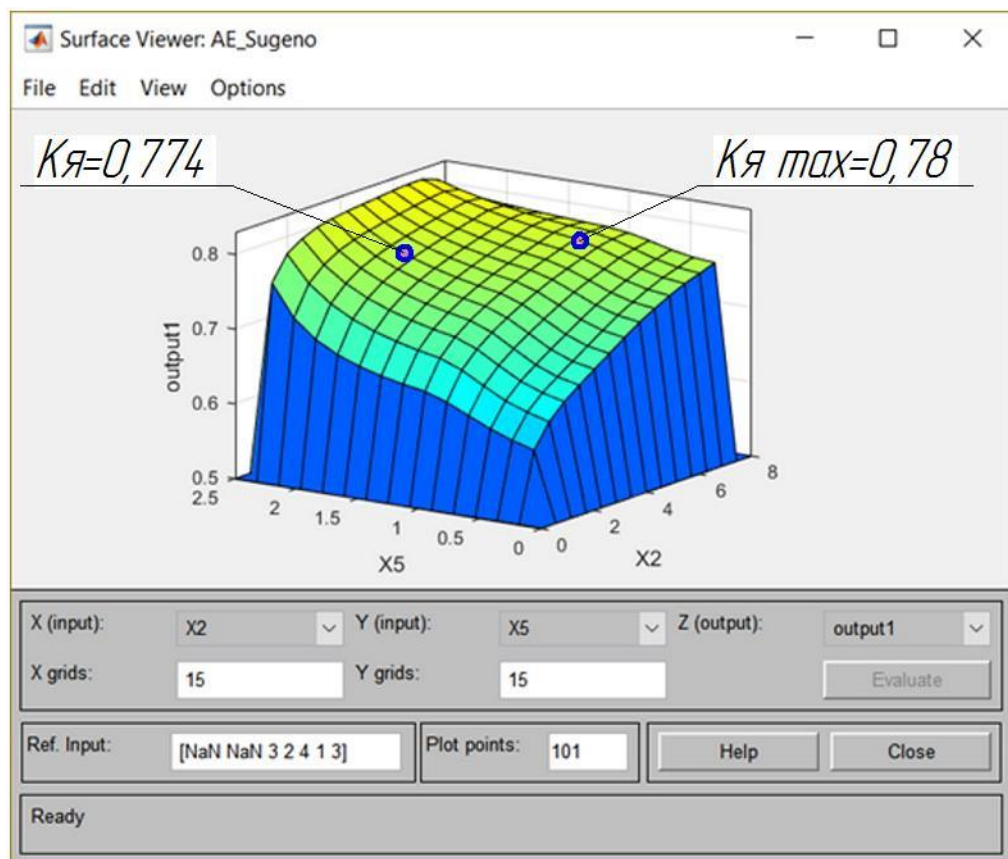


Рис. 5.22. Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для комплексного АСП

Форма організації виробництва X_9 також має менший вплив на якість технологічних процесів, ніж потужність АСП (рис. 5.23). Максимальна якість досягається при $X_2 \in [A_2^6, A_2^7]$, тобто при кількості постів $n \geq 11$. Даний висновок пояснюється тим, що на АСП даного типу виконується весь комплекс робіт по обслуговуванню та ремонту автомобілів як місцевих мешканців, так і потоку транзитного транспорту, що потребує значної кількості постів.

Результати аналізу поверхні $K_я = F(X_5, X_9)$ (рис. 5.24) свідчать про те, що при низькому та середньому рівнях забезпеченості персоналом $X_5 < 0,8$ рівень якості технологічних процесів має більш нестійкий характер та збільшується при збільшенні індексу термів форми організації виробництва. Найбільше значення $K_я$ досягається при впровадженні дільнично-постової форми виробництва.

Щоб підвищити коефіцієнт якості на 2,1 % на комплексному АСП необхідно забезпечити потужність 11 постів та дільнично-постову форму організації.

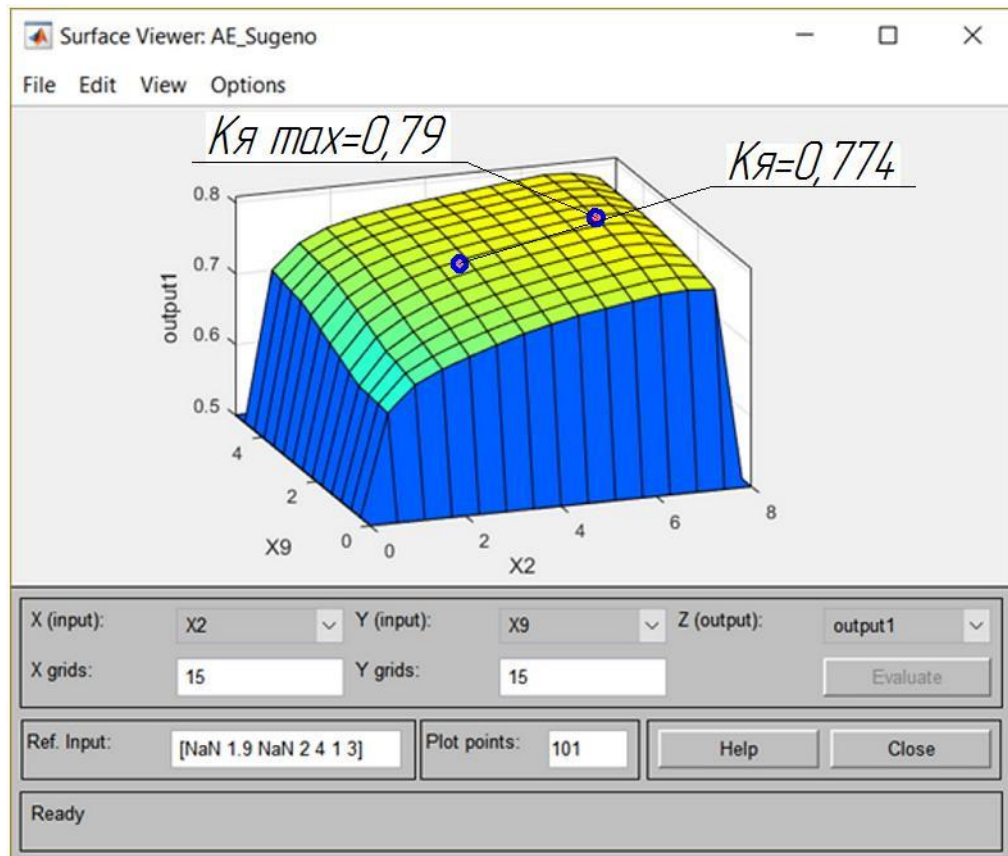


Рис. 5.23. Залежність $K_я$ від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для комплексного АСП

Проте при високому рівні забезпеченості персоналом $X_5 \in A_5^4$ ($X_5 \in [0,8, 1]$) індивідуальна та дільнично-постова форми виробництва забезпечують якість технологічних процесів одного рівня (рис. 5.24). При дуже великій кількості надлишкового персоналу за наявності відповідної кваліфікації індивідуальна форма виробництва стає пріоритетною.

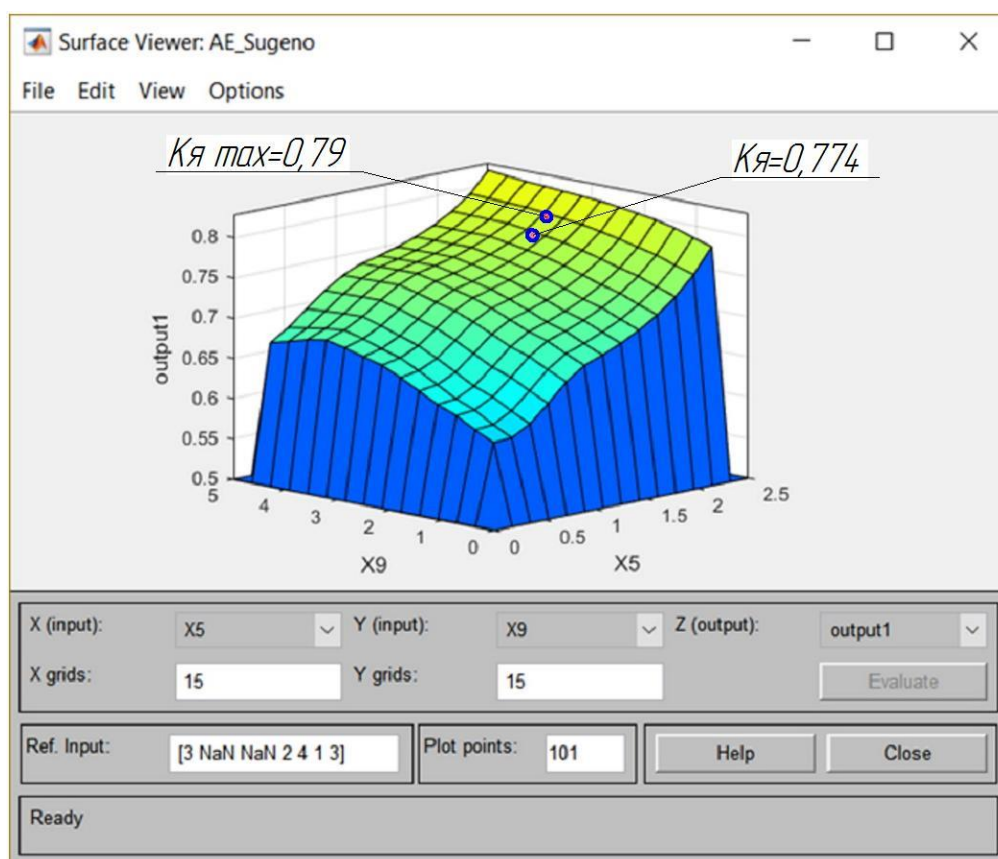


Рис. 5.24. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для комплексного АСП

Для підвищення коефіцієнту якості на 2,1 % необхідно забезпечити дільнично-постову форму організації та надлишковий рівень забезпеченості персоналом.

5.2 Вплив параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на величину коефіцієнта якості технологічних процесів підприємств автосервісу різних типів

Функціональний елемент «Автомобілі» характеризується наступними незалежними параметрами системи автосервісу: X_{10} – повна маса автомобіля, X_{11} – тип енергетичних установок, X_{12} – вік автомобіля [239].

В процесі аналізу поверхні $K_{я} = F(X_{10}, X_{11})$ було виявлено наступні закономірності. Для пунктів ТО, авторемонтних майстерень, станцій технічного обслуговування, авторизованих АСП та спеціалізованих АСП значення показника якості зростає із збільшенням значення X_{10} та X_{11} (рис. 5.25, рис. 5.26).

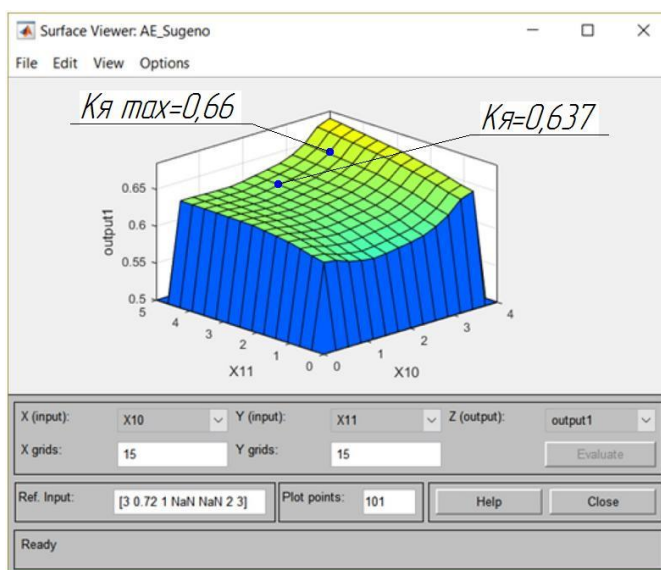


Рис. 5.25. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та типу енергетичних установок (X_{11}) для авторизованого СТО

Тобто, повнота спектрів типів автомобілів відповідно до класифікацій за повною масою та типом енергетичних установок має вплив на якість технологічних процесів. Зі збільшенням відповідних спектрів якість технологічних процесів також збільшується.

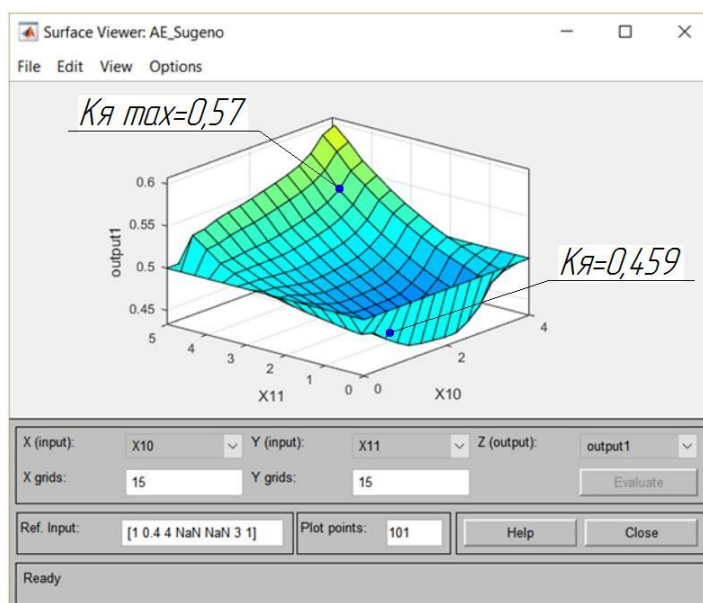


Рис. 5.26. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та типу енергетичних установок (X_{11}) для СТО

Таким чином, при обслуговуванні автомобілів незалежно від повної маси ($X_{10} \in A_{10}^3$) з різними типами енергетичних установок ($X_{11} \in A_{11}^4$) прогнозується збільшення $K_{\text{я}}$:

- для пунктів ТО на 1,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 2,0 %;
- для незалежних СТО на 24,2 %;
- для авторизованих СТО на 3,6 %;
- для спеціалізованих АСП на 0,6 %.

Проаналізовані графіки залежності якості технологічних процесів від повної маси автомобіля та типу енергетичних установок для даних типів АСП, можна зробити висновок, що вони мають схожу динаміку. Поверхня $K_{\text{я}}$ має незначний уклін ($\Delta K_{\text{я}X_{10}}$ та $\Delta K_{\text{я}X_{11}}$ знаходяться в межах 0,05-0,15).

Для зазначених АСП показник якості сягає мінімального значення в процесі обслуговування автомобілів повної маси до 3,5 т з бензиновими або дизельними енергетичними установками. На незалежних СТО найменша якість прогнозується також при обслуговуванні автомобілів з бензиновими або дизельними енергетичними установками, але з масою – до 7,5 т (рис. 5.26). Проте дане відхилення наближається до нуля, тому враховуючи похибку моделювання, можна вважати що загальна тенденція зберігається.

Винятком з даного узагальнення є комплексні АСП (рис. 5.27).

На комплексних АСП тип енергетичних установок та повна маса автомобілів, що обслуговуються, мають мінімальний вплив на якість технологічних процесів. Графік поверхні пологий. При обслуговуванні автомобілів повною масою до 3,5 т для комплексних АСП більш пріоритетним з точки зору забезпечення якості виконання технологічних процесів є надання автосервісних послуг власникам автомобілів з бензиновими та дизельними енергетичними установками. В даному випадку рівень якості технологічних процесів зростає на 0,8 %. Дана перевага ($\Delta=0,02$) є незначущою та пояснюється тим, що переважну частку легкових автомобілів малого та середнього класу, що обслуговуються на вітчизняних комплексних АСП, складають автомобілі з

бензиновими та дизельними двигунами. Повний комплекс технологічних процесів на окремо взятому АСП, зазвичай, забезпечено кваліфікованими спеціалістами та технологіями лише для зазначеного сегменту автомобілів.

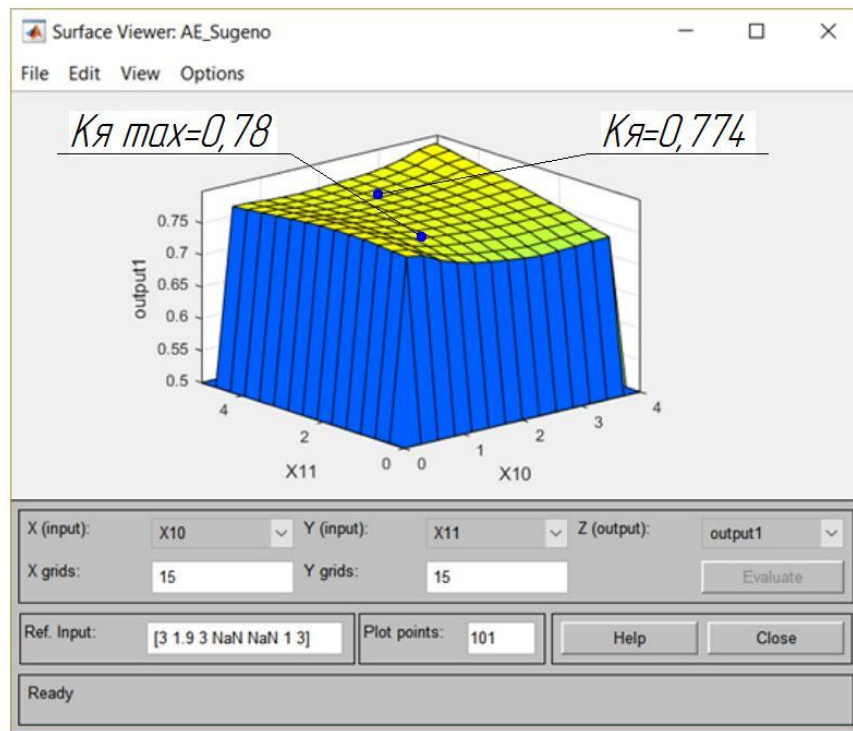


Рис. 5.27. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та типу енергетичних установок (X_{11}) для комплексного АСП

Для всіх типів досліджених АСП вплив повної маси автомобілів більш вагомий ніж тип енергетичних установок, оскільки значення приросту $Kя$ в середньому більше при прирості X_{10} ніж при тому ж значенні приросту X_{11} . Даний висновок підтверджується значеннями відповідних коефіцієнтів множинної регресії (4.22) ($a_{10} = 0,0796 > a_{11} = 0,0152$).

Дослідження моделі Сугено на підприємствах автосервісу навчальної та контрольної вибірок дозволяє стверджувати, що приріст коефіцієнту якості збільшується за рахунок поєднання варіантів реалізації зазначених вище параметрів функціонального елементу «Автомобілі» з інформацією про вік автомобіля (комбінації $X_{10} \times X_{12}$ та $X_{11} \times X_{12}$). Вага параметру X_{12} в рівнянні множинної регресії (4.22) більша за ваги X_{10} та X_{11} ($a_{12} = -0,123$). Залежність

між якістю та віком автомобілів є зворотною. Дані результати підтверджено в процесі дослідження поверхонь $K_{\text{я}} = F(X_{10}, X_{12})$ та $K_{\text{я}} = F(X_{11}, X_{12})$, що відповідають реалізації моделі Сугено для всіх типів АСП. Найбільше значення показника якості технологічних процесів досягається при обслуговуванні автомобілів віком до 3 років, $X_{12} \in A_{12}^1$ ($X_{12} = 1$). Для більшості з зазначених автомобілів обслуговування є гарантійним. Зі збільшенням віку автомобілів кут нахилу поверхні збільшується, тобто зростає динаміка погіршення якості виконання технологічних процесів (рис. 5.28-5.33).

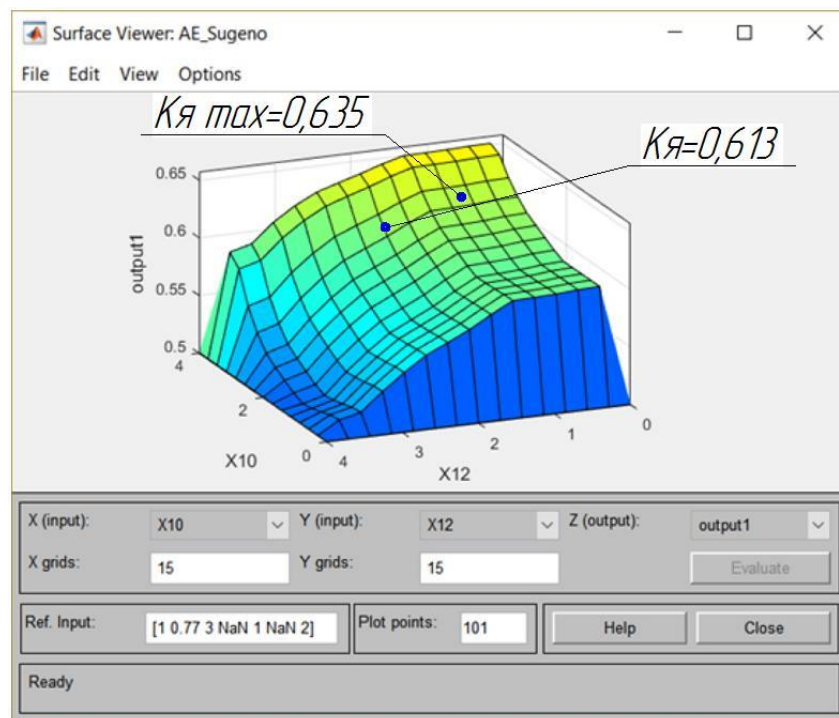


Рис. 5.28. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для авторемонтної майстерні

Переважно гарантійне обслуговування автомобілів здійснюється на авторизованих СТО та спеціалізованих АСП. Нахил поверхні $K_{\text{я}} = F(X_{10}, X_{12})$ для даних типів АСП є більш крутим. Залежність показника якості технологічних процесів від віку автомобіля наближається до лінійної (рис. 5.29, рис. 5.30).

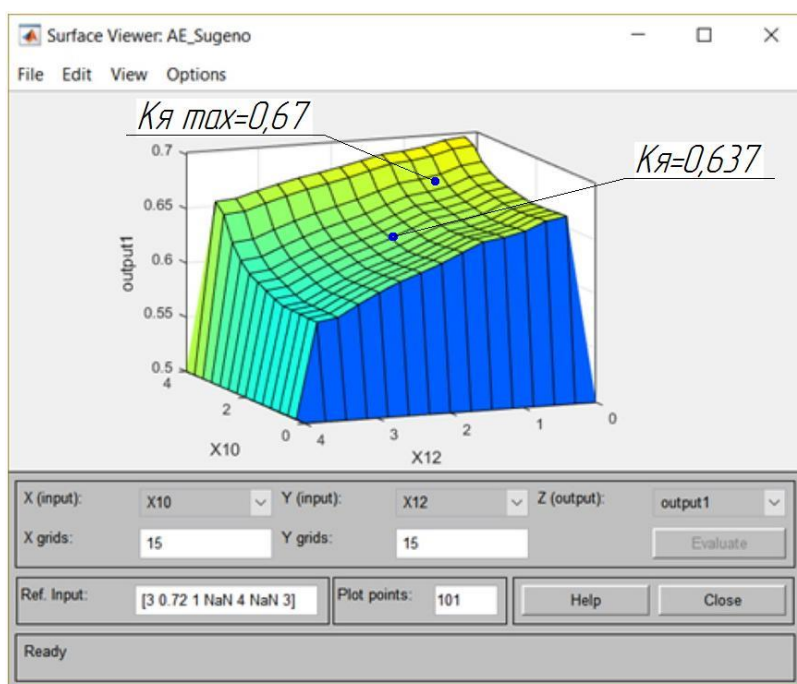


Рис. 5.29. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) авторизованого СТО

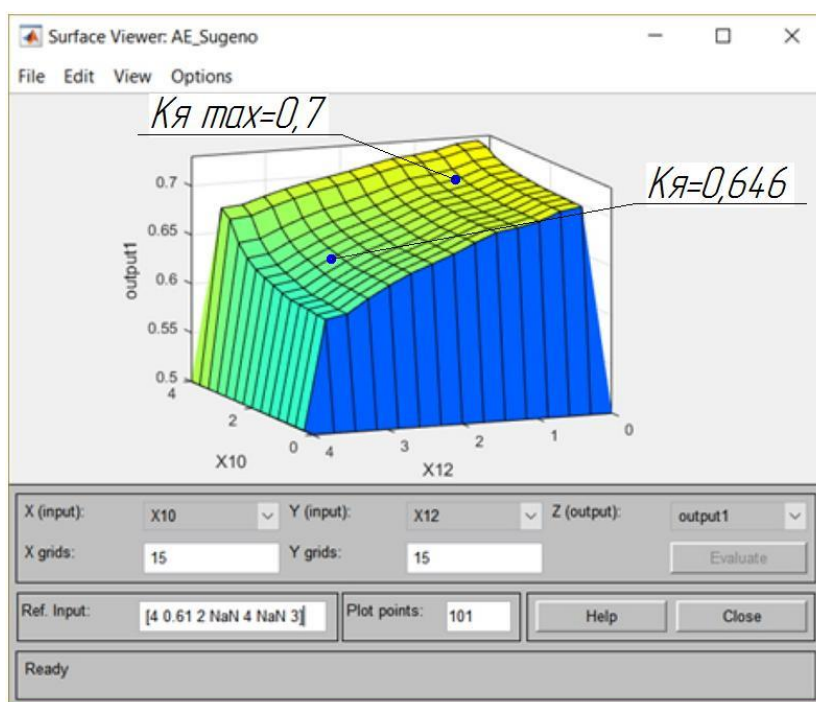


Рис. 5.30. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для спеціалізованого АСП

На стандартні СТО та в авторемонтні майстерні, зазвичай, звертаються власники автомобілів, для яких термін гарантійного обслуговування завершено. Вплив віку автомобіля на показник якості характеризується невисокою динамікою. Проте при обслуговуванні автомобілів віком, що перевищує 7,5

років, якість виконання технологічних процесів стрімко знижується та сягає низького рівня ($\min K_{\text{я}} \leq 0,4$) (рис. 5.28, рис. 5.31).

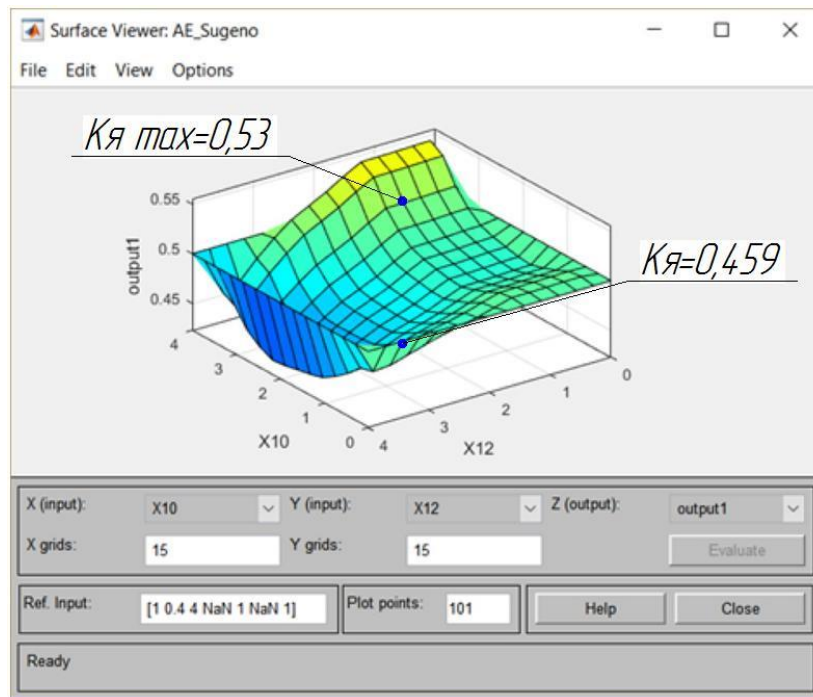


Рис. 5.31. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для СТО

На пунктах ТО та комплексних АСП коефіцієнт якості в меншій мірі залежить від віку автомобілів, тому графіки відповідної залежності для даних типів АСП є більш пологими, ніж для інших (рис. 5.32, рис. 5.33). Тобто, при обслуговуванні автомобілів різного віку динаміка змін якості для зазначених видів АСП має сталий характер.

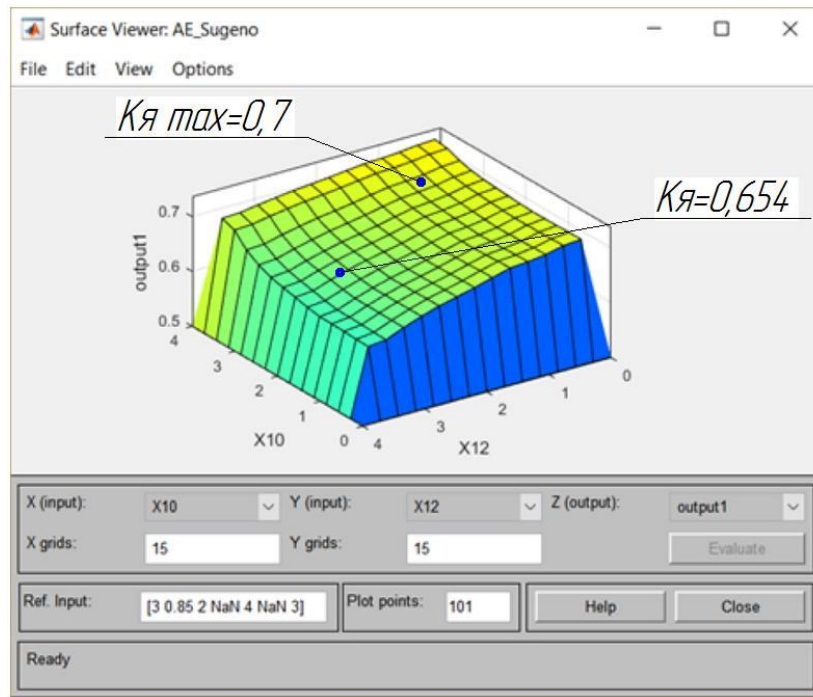


Рис. 5.32. Залежність $K_{\text{я}}$ від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для пункту ТО

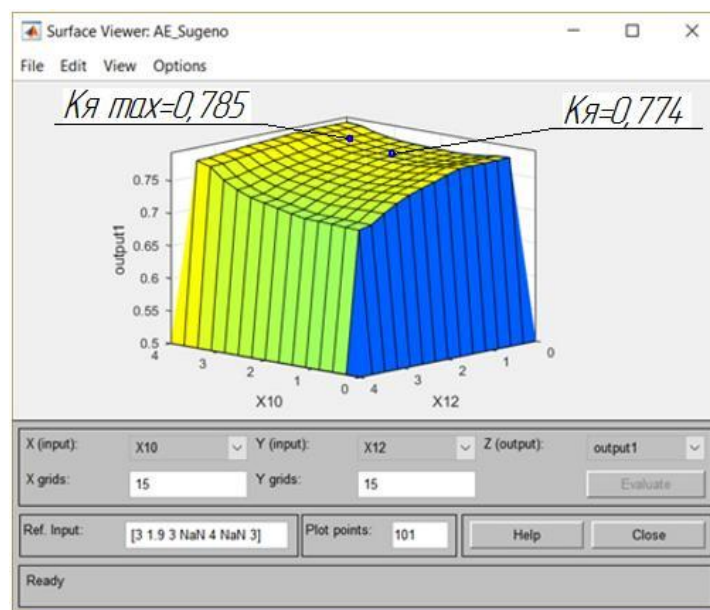


Рис. 5.33. Залежність коефіцієнта якості від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для комплексного АСП

Виходячи з аналізу динаміки змін $K_{\text{я}}$ від X_{10} у сполученні з X_{12} (рис. 5.28-5.33), можна зробити наступний висновок. Для всіх типів АСП за умови виконання послуг власникам автомобілів віком до 3 років ($X_{12} \in A_{12}^1$) незалежно від їх повної маси ($X_{10} \in A_{10}^3$) прогнозується збільшення $K_{\text{я}}$:

- для пунктів ТО на 7,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 3,6 %;
- для незалежних СТО на 15,5 %;
- для авторизованих СТО на 5,2 %;
- для спеціалізованих АСП на 8,4 %;
- для комплексних АСП на 1,4 %.

Вага коефіцієнту a_{12} в рівнянні лінійної множинної регресії на порядок вища за ваги a_{10} та a_{11} , що мають однаковий порядок значущості. Графіки залежності показника якості $K_{\text{я}}$ від комбінації X_{10} та X_{12} , що побудовано для досліджуваних типів АСП, та графіки залежності $K_{\text{я}}$ від спільного впливу параметрів X_{11} та X_{12} є геометрично подібними. Тому всі висновки, що було зроблено в процесі аналізу поверхонь $F(X_{10}, X_{12})$, можуть бути віднесені до поверхонь $F(X_{11}, X_{12})$. Для всіх типів АСП за умови виконання послуг власникам автомобілів віком до 3 років ($X_{12} \in A_{12}^1$) для всіх типів енергетичних установок ($X_{11} \in A_{11}^4$) прогнозується збільшення $K_{\text{я}}$:

- для пунктів ТО на 4,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 2,8 %;
- для незалежних СТО на 19,8 %;
- для авторизованих СТО на 0,5 %;
- для спеціалізованих АСП на 11,45 %;
- для комплексних АСП на 0,2 %.

В лінійній моделі (4.22) 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. 5.34).

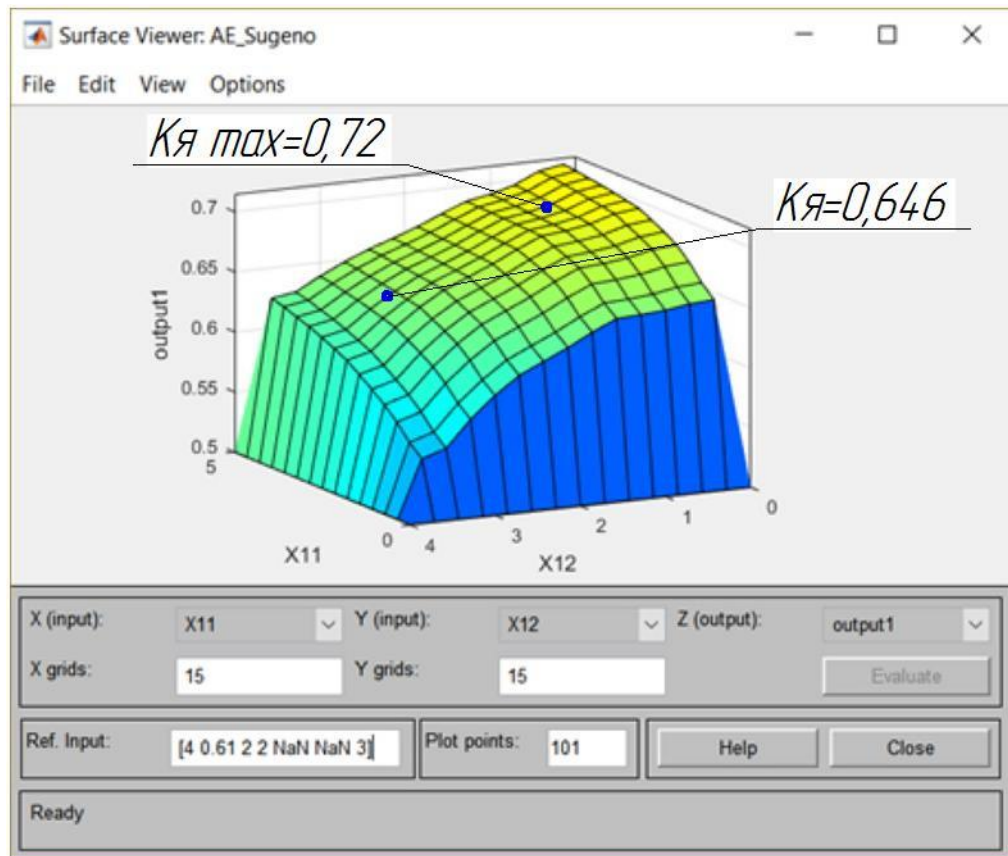


Рис. 5.34. Залежність коефіцієнта якості від типу енергетичних установок (X_{11}) та віку автомобілів (X_{12}) для спеціалізованого АСП

Ще одна розбіжність спостерігається в тому, що 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 інших: $\Delta K_{я1} \rightarrow \max$ при $X_{11} = 1$. При $X_{11} = 2, 3, 4$ $\Delta K_{я2} \approx \Delta K_{я3} \approx \Delta K_{я4} \rightarrow 0$. Винятком є ремонт та ТО автомобілів на незалежних СТО, що не є представниками підприємств-продуцентів та не спеціалізуються на виконанні конкретного набору робіт. Графік функції $F(X_{11}, X_{12})$ є увігнутим (рис. 5.35), що свідчить про те, що при обслуговуванні на таких незалежних СТО автомобілів з енергетичними установками, що належать тільки до одного терму: бензинових та дизельних, або газобалонних, або електричних та гібридних, – не можливо досягти високого рівня якості.

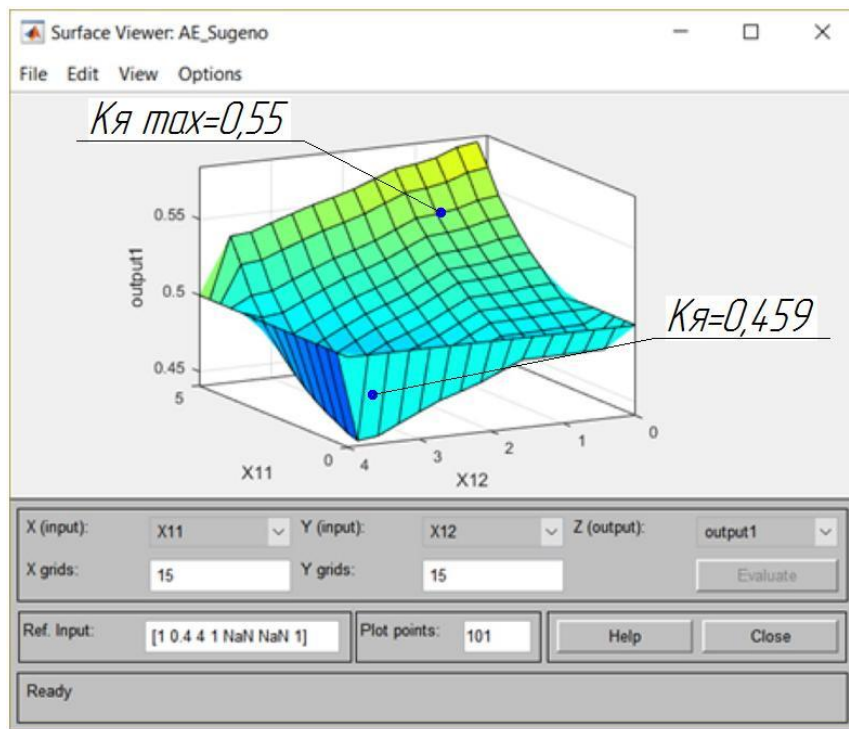


Рис. 5.35. Залежність коефіцієнта якості від типу енергетичних установок (X_{11}) та віку автомобілів (X_{12}) незалежного СТО

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що об'єктивно визначити характер впливу конкретного параметру на показник якості технологічних процесів типових підприємств автосервісу можливо лише в процесі аналізу залежності якості від різних комбінацій даного параметру з іншими.

5.3 Дослідження комплексного впливу функціональних елементів системи автосервісу на показник якості

5.3.1 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для пунктів ТО

В розділі 4.3 на основі алгоритму Фаррара-Глобера було визначено, що незалежним параметром функціонального елементу «Середовище» системи автосервісу являється X_{19} – рівень доходу власників ТЗ. Необхідно дослідити,

яким чином змінюється якість технологічних процесів під впливом різних комбінацій даного параметру з параметрами інших функціональних елементів.

В процесі аналізу динаміки показника якості для пунктів ТО було виявлено наступні закономірності. Не залежно від потужності АСП найбільші значення $K_{\text{я}} = 0,72$ отримано за умови високого рівня доходу власників автомобілів: $K_{\text{я}} \rightarrow \max$ при $X_{19} \in A_{19}^4$ (5.36).

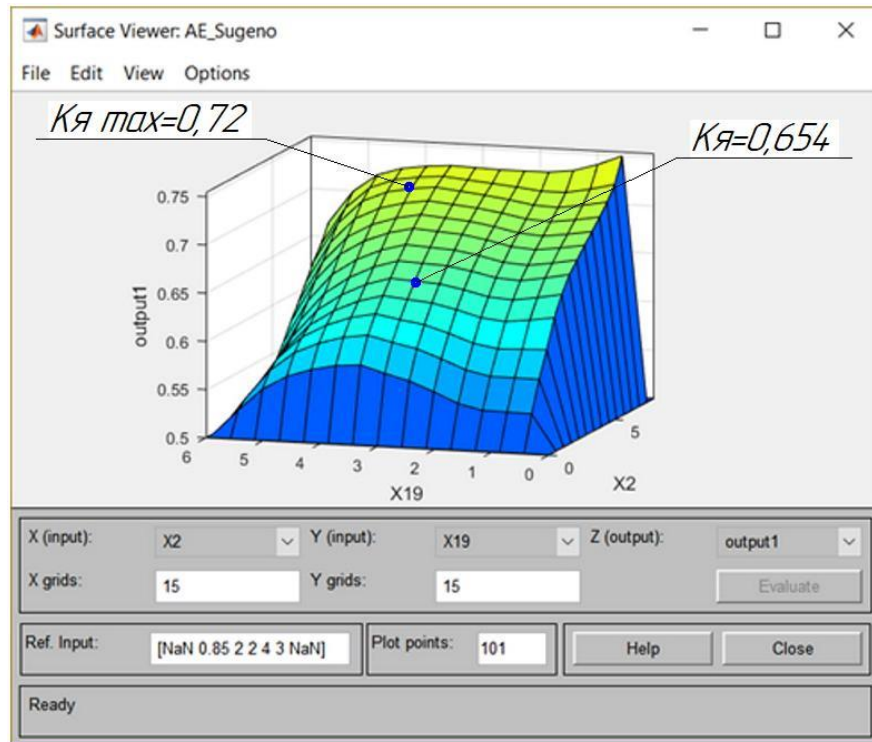


Рис. 5.36. Залежність $K_{\text{я}}$ від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

Дане спостереження пояснюється тим, що за умови оптимальної фінансової стратегії АСП математично обґрунтована частка фінансових ресурсів виділяється на розвиток інших видів ресурсів та впровадження інновацій, які забезпечують високий рівень якості виконаних робіт.

При збільшенні кількості постів ($X_2 \geq 3$) вплив доходу клієнтів X_{19} зменшується. Показник якості $K_{\text{я}}$ досягає найбільших значень при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим рівнями доходу ($X_{19} = 2, 3, 4$) ($K_{\text{я max}} = 0,72$ при $X_{19} = 4$). Не залежно від потужності АСП мінімальний рівень якості фіксується при залученні клієнтів всіх категорій доходу. Крайні

межі поверхні не приймаються до розгляду, так як відповідні до них значення параметрів системи не входять до інтервалів їх областей визначення.

Вплив параметру X_{19} на якість технологічних процесів пунктів ТО можна знизити за рахунок підвищення рівня забезпеченості персоналом X_5 , вага якого в рівнянні множинної регресії на порядок вища. Таким чином, при наявності достатньої кількості високо кваліфікованого персоналу ($X_5 > 0,8$), можна отримати високий рівень якості ($K_y > 0,6$) за умови, що ($X_{19} = 1, 2, 3, 4$) (рис. 5.37). Тобто, трудові ресурси в певній мірі можуть компенсувати застосування застарілих технологій, обладнання та устаткування, тобто коефіцієнт якості можна підвищити на 5,5 % при підвищенні рівня забезпеченості персоналом до 1.

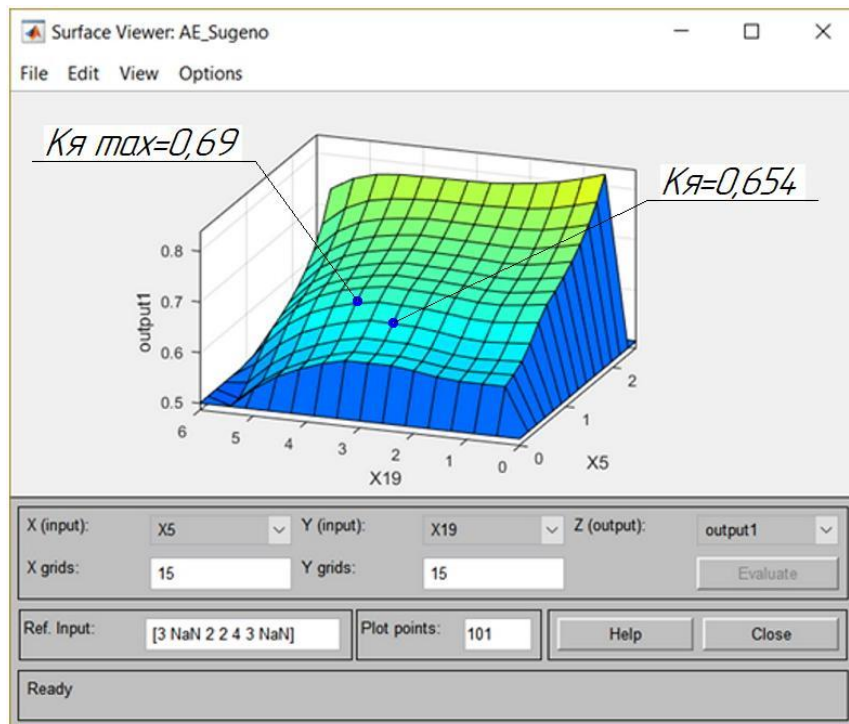


Рис. 5.37. Залежність K_y від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

При спрямуванні послуг автосервісу на конкретний сегмент клієнтів необхідно оптимізувати організацію виробництва. Попередній прогноз щодо оптимізації можливо виконати в процесі дослідження спільного впливу X_9 та X_{19} на динаміку якості технологічних процесів пунктів ТО (рис. 5.38).

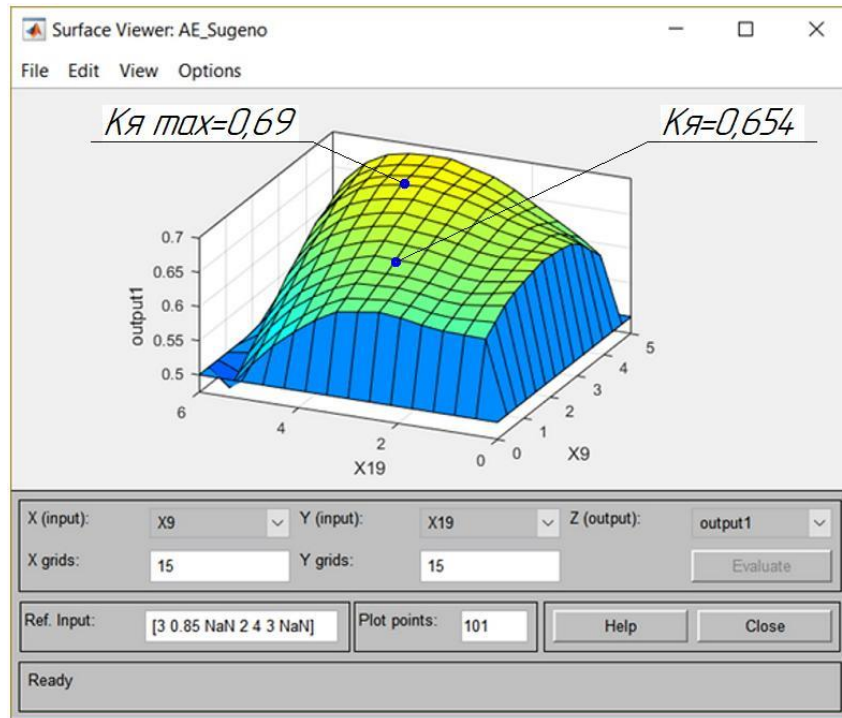


Рис. 5.38. Залежність K_y від форми організації виробництва (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

Надаючи послуги клієнтам з середнім та високим рівнями доходу ($X_{19} = 3, 4$) доцільно застосовувати індивідуальну форму організації виробництва ($X_9 = 4$). При обслуговуванні автомобілів, власники яких мають середній та низький рівень доходу, важливість форми організації виробництва зменшується, проте перші три форми мають незначний пріоритет перед індивідуальною, застосування якої, в даному випадку, є економічно не обґрунтованим.

При аналізі рис. 5.39, рис. 5.40, рис. 5.41 можна зазначити, що параметри функціонального елементу «Автомобілі» незначуще коригують вплив середовища функціонування пунктів ТО на динаміку якості технологічних процесів.

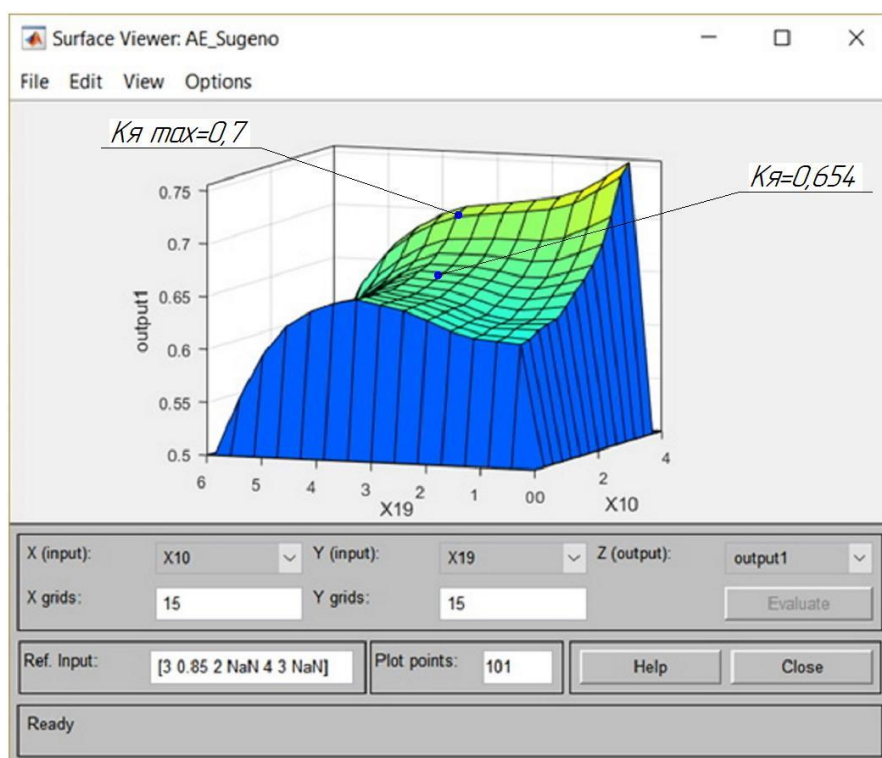


Рис. 5.39. Залежність $K_{я}$ від повної маси автомобіля (X_{10}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

Незалежно від значень параметрів X_{10} , X_{11} та X_{12} максимальне значення показника якості $K_{я\max} = 0,7$ (рис. 5.39), $K_{я\max} = 0,66$ (рис. 5.40), $K_{я\max} = 0,67$ (рис. 5.41) на пунктах ТО досягається за умови орієнтації на власників ТЗ з високим рівнем доходу (граничні межі графіків не враховуються). При обслуговуванні клієнтів як з високим, так і з середнім рівнями доходу також забезпечується високий рівень якості технологічних процесів.

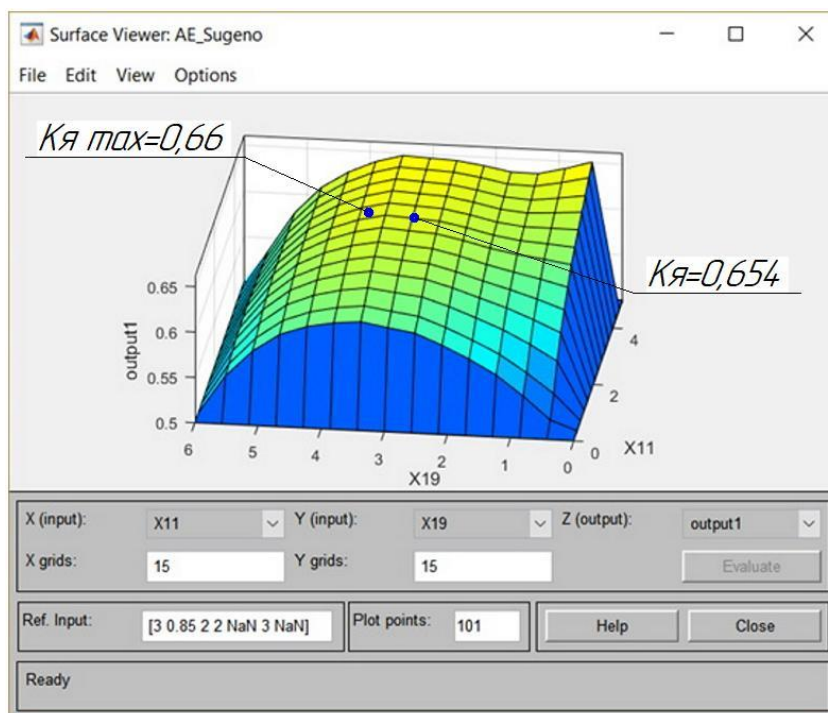


Рис. 5.40. Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

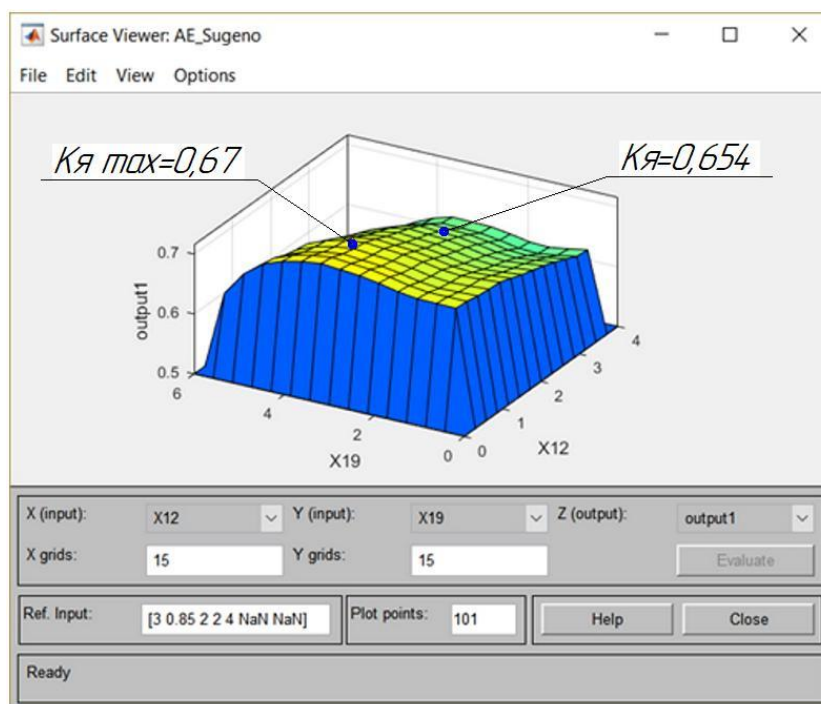


Рис. 5.41. Залежність $K_{я}$ від віку автомобіля (X_{12}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для пункту ТО

При націленості на сегмент клієнтів з низьким рівнем доходу високий показник якості можна отримати шляхом організації пунктів ТО

самообслуговування. Тоді максимальне значення $K_{\text{я}} \text{ max}=0,72$ прогнозується при обслуговуванні клієнтів з низьким та середнім рівнями доходу за умови обслуговування автомобілів незалежно від повної маси (рис. 5.42) та типу енергетичних установок. Загальна тенденція прямої залежності від віку автомобіля зберігається.

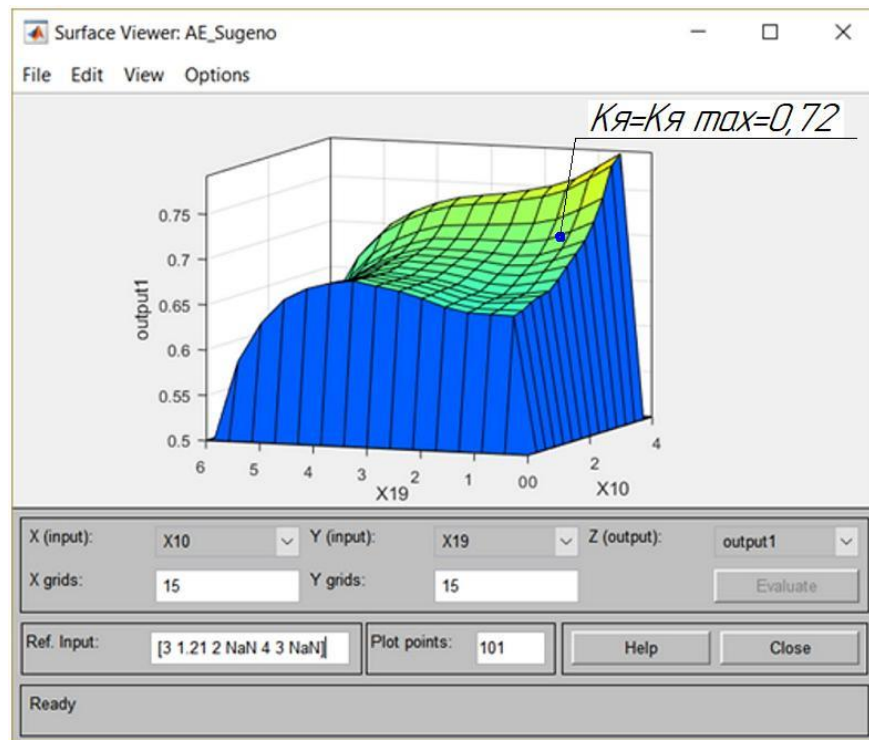


Рис. 5.42. Динаміка змін $K_{\text{я}}$ для пункту ТО самообслуговування

Результати аналізу поверхонь $F(X_5, X_{19})$, $F(X_9, X_{19})$, $F(X_{10}, X_{19})$, $F(X_{11}, X_{19})$ та $F(X_{12}, X_{19})$ підтверджують висновок про те, що при обслуговуванні клієнтів з різним доходом на одному й тому ж пункті ТО якість виконаних робіт знижується (рис. 5.37-5.42) ($K_{\text{я}} \rightarrow \min$ при $X_{19} = 5$). Даний висновок пояснюється тим, що на пунктах ТО пропонуються вузький спектр послуг. Клієнти з високим рівнем доходу висувають вищі вимоги щодо рівня якості виконаних робіт, вартість яких може виявитись занадто високою з точки зору клієнтів з низьким доходом. При спробі залагодити даний конфлікт інтересів шляхом спрямування бізнесу автосервісу на задоволення потреб середнього сегменту клієнтів виникає висока ймовірність втрати інших

сегментів. Оскільки на пунктах ТО, зазвичай, відсутні відділи ВТК, то показник якості на АСП даного типу розраховується за результатами схвальних оцінок в загальній кількості оцінок клієнтів. Тому задоволеність останніх відіграє суттєве значення в процесі оцінювання якості виконаних робіт. Крім того втрата клієнтів, неодмінно, пригальмовує розвиток АСП, що в свою чергу спричиняє зниження якості виконаних технологічних процесів.

5.3.2 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для авторемонтних майстерень

Для невеликих авторемонтних майстерень потужністю до 6 постів ($X_2 = \overline{1,3}$) оптимальне значення показника якості досягається при обслуговуванні клієнтів з високим рівнем доходу: $K_{\text{я}} \rightarrow \max$ при $X_{19} = 4$ (рис. 5.43). Із збільшенням кількості постів висока якість технологічних процесів забезпечується при виборі більш широкого спектру клієнтів, до якого входять власники ТЗ з високим та середнім доходом ($X_{19} = \overline{2,4,5}$). Не залежно від потужності майстерні значення показника якості при $X_{19} = 5$ не значущо відрізняються від максимального $K_{\text{я}} \max = 0,73$ при $X_2 = 7$. Тобто, враховуючи інші властивості АСП може спрямовувати свою діяльність на клієнтів, що мають різний дохід: високий, середній, низький.

Аналіз спільного впливу середовища та кадрового забезпечення свідчить про те, що за фіксованої кількості та кваліфікації персоналу $K_{\text{я}} \rightarrow \max$ при $X_{19} = 4$ майже на всьому діапазоні значень X_2 (рис. 5.44). Найвища якість $K_{\text{я}} \max = 0,67$ фіксується при наданні послуг всім категоріям клієнтів за рівнем доходу лише за умови надлишкового забезпечення персоналом (в граничній області діапазону значень). В інших випадках при обслуговуванні даного сегменту клієнтів фіксуються значення показника якості, що наближаються до максимального.

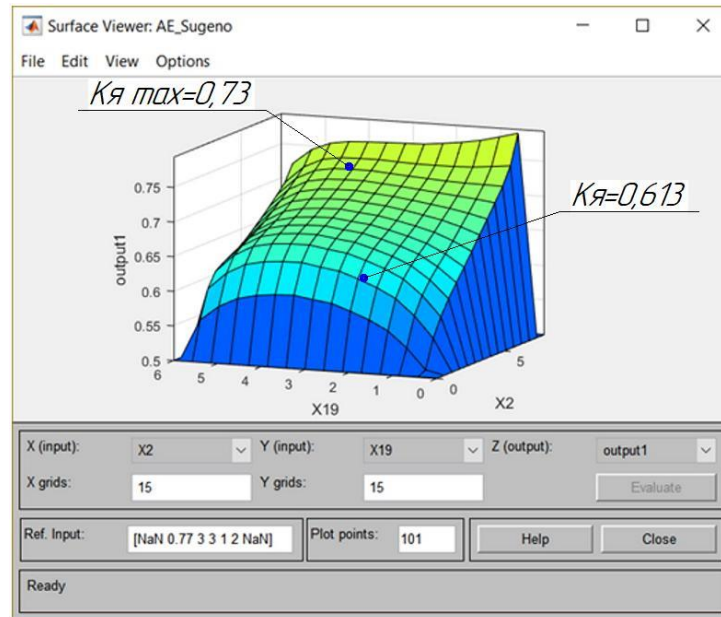


Рис. 5.43. Залежність $K_{я}$ від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторемонтної майстерні

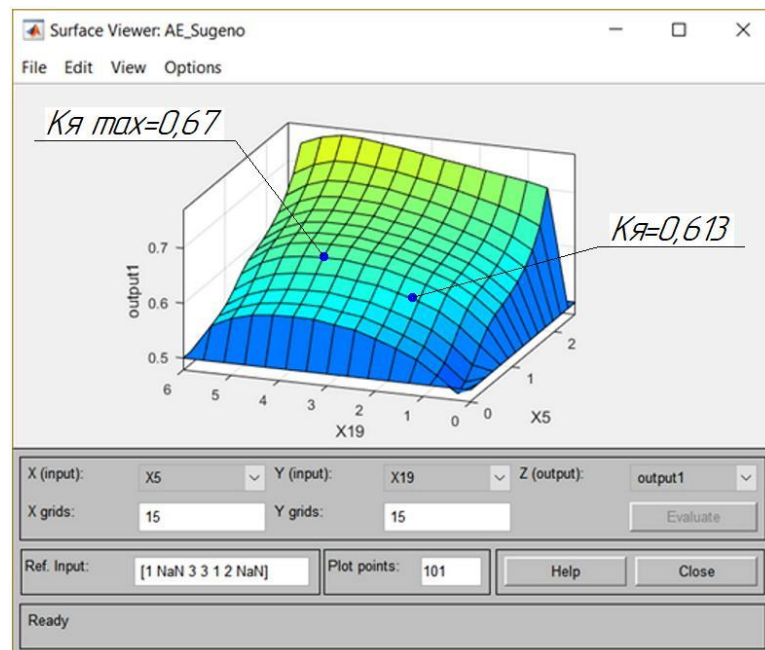


Рис. 5.44. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторемонтної майстерні

Аналіз інших комбінацій параметрів функціональних елементів «АСП» та «Автомобілі» з параметром X_{19} : $X_9 \times X_{19}$, $X_{10} \times X_{19}$, $X_{11} \times X_{19}$ та $X_{12} \times X_{19}$, – за нелінійними моделями Сугено дозволяє зробити висновок, що за будь-якої з

даних комбінацій оптимальна якість технологічних процесів на авторемонтних майстернях буде отримана при обслуговуванні клієнтів з високим рівнем доходу, або, за певних умов, при орієнтації послуг на задоволення потреб всього спектру клієнтів $X_{19} = 5$. Таким чином, при врахуванні додаткових чинників таких, як впровадження індивідуальної форми організації виробництва, обслуговування автомобілів віком до 3 років та інші, максимальне значення показника якості досягається при виконанні замовлень клієнтів з високим, середнім та низьким рівнями доходу в одній авторемонтній майстерні. На відміну від пунктів ТО в авторемонтних майстернях пропонується більш широкий спектр послуг, тому є можливість пропонувати інші типи послуг різним категоріям клієнтів.

Мінімальний рівень якості на даному типі АСП фіксується при обслуговуванні клієнтів лише з низьким та середнім рівнями доходу ($X_{19} = 1$).

5.3.3 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для СТО

На СТО найбільш якісне обслуговування $K_{я\max} = 0,67$ очікується при $X_{19} = 5$ (рис. 5.45), тобто може пропонуватись широкому колу клієнтів.

Проте при виконанні робіт для клієнтів з високим рівнем доходу прогнозується рівнозначний рівень якості ($K_{я4} \cong K_{я5}$). Мінімальне значення показника якості за фіксованої кількості постів досягається при обслуговуванні клієнтів тільки з низьким та середнім доходом. Збільшення потужності СТО не змінює зазначені закономірності [240].

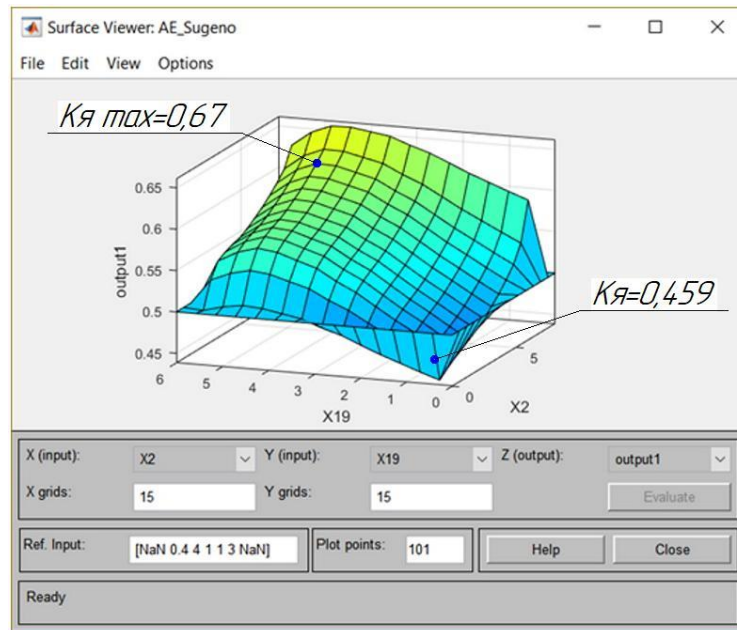


Рис. 5.45. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для СТО

Зазначені вище результати повністю підтверджено в процесі дослідження поверхні $F(X_5, X_{19})$ (рис. 5.46). Не зважаючи на те, що рівень забезпеченості персоналом X_5 має більшу вагу в рівнянні множинної регресії (4.22), даний показник не змінює загальної тенденції, $K_{\text{я}} \text{ max}=0,67$ при $X_{19} = 5$, що характеризує вплив X_{19} на якість технологічних процесів СТО.

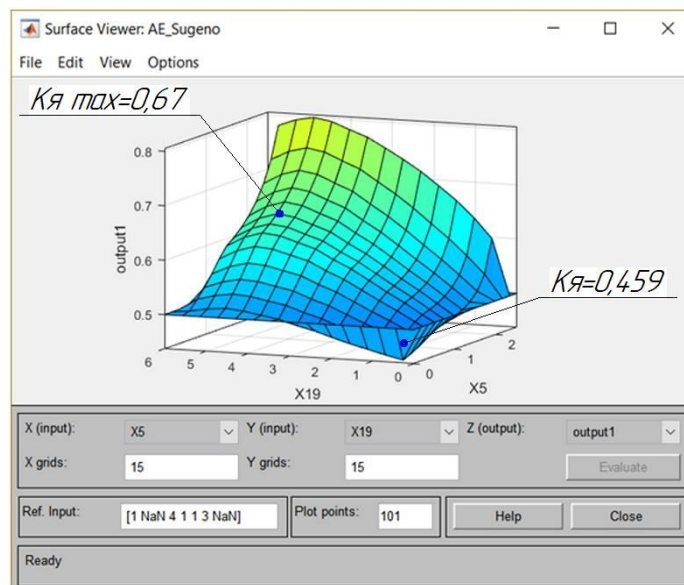


Рис. 5.46. Залежність коефіцієнта якості від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) СТО

Змінюючи форму організації виробництва є можливість підлаштовуватись під різні сегменти клієнтів. Постову форму організації виробництва з універсальним або зі спеціалізованим обладнанням ($X_9 = 1, 2$) доцільно застосовувати при орієнтації на клієнтів з середнім та високим доходом ($X_{19} = 3$) (рис. 5.47). Тоді як дільнично-постову форму ($X_9 = 3$) рекомендується використовувати в процесі обслуговування лише клієнтів з високим доходом ($X_{19} = 4$), а індивідуальну ($X_9 = 4$) – для обслуговування одночасно клієнтів з низьким, середнім та високим рівнями доходу ($X_{19} = 5$) ($K_{\text{я}} \text{ max}=0,53$ при $X_{19} = 5, X_9 = 4$).

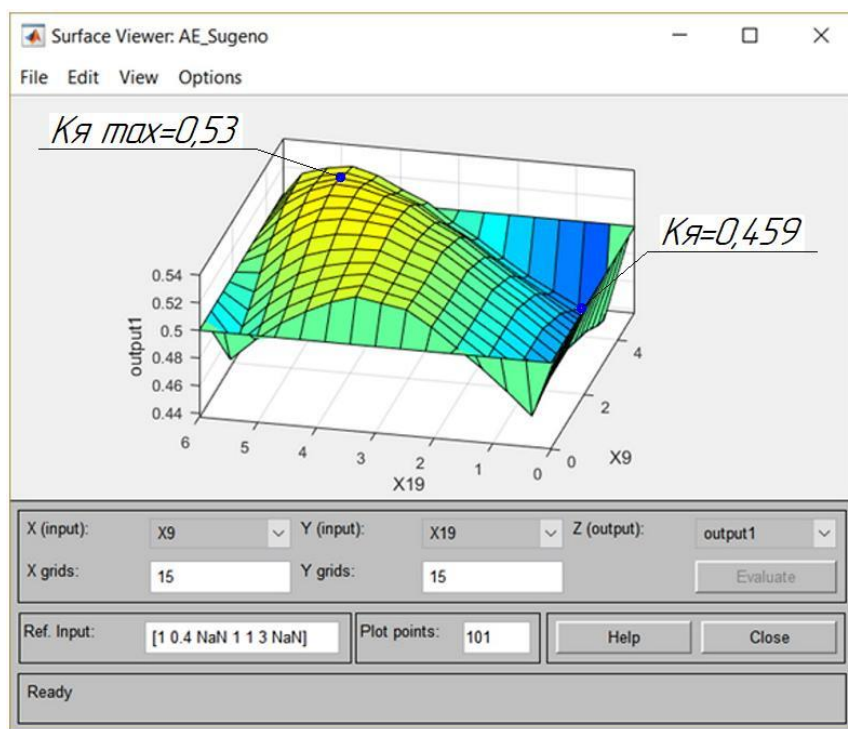


Рис. 5.47. Залежність коефіцієнта якості від форми організації виробництвом (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для СТО

Аналізуючи поверхню $F(X_{10}, X_{19})$ (рис. 5.48) можна дійти наступного висновку. При обслуговуванні автомобілів повною масою до 3,5 т ($X_{10} = 1$) СТО може забезпечити максимальну якість технологічних процесів $K_{\text{я}} \text{ max}=0,56$ для всіх категорій клієнтів: з низьким, середнім та високим рівнями доходу ($X_{19} = 5$). При орієнтації на автомобілі повною масою до 7,5 т ($X_{10} = 2$) діапазон доходу

клієнтів звужується. Незначний пріоритет мають клієнти з високим рівнем доходу ($X_{19} = 4$). Якщо СТО виконує ремонт та ТО автомобілів незалежно від їх повної маси ($X_{10} = 3$), то для отримання максимального рівня якості технологічних процесів необхідно орієнтуватись на клієнтів з середнім та високим доходом ($X_{19} = 3$).

При додатковому врахуванні типу енергетичних установок виявлено наступне. Якщо на СТО планується обслуговувати автомобілі з бензиновими, дизельними ($X_{11} = 1$) або газобалонними ($X_{11} = 2$) установками, необхідно сформувати набір послуг, який буде спрямовано на широке коло клієнтів з різним рівнем доходу ($X_{19} = 5$) (рис. 5.49).

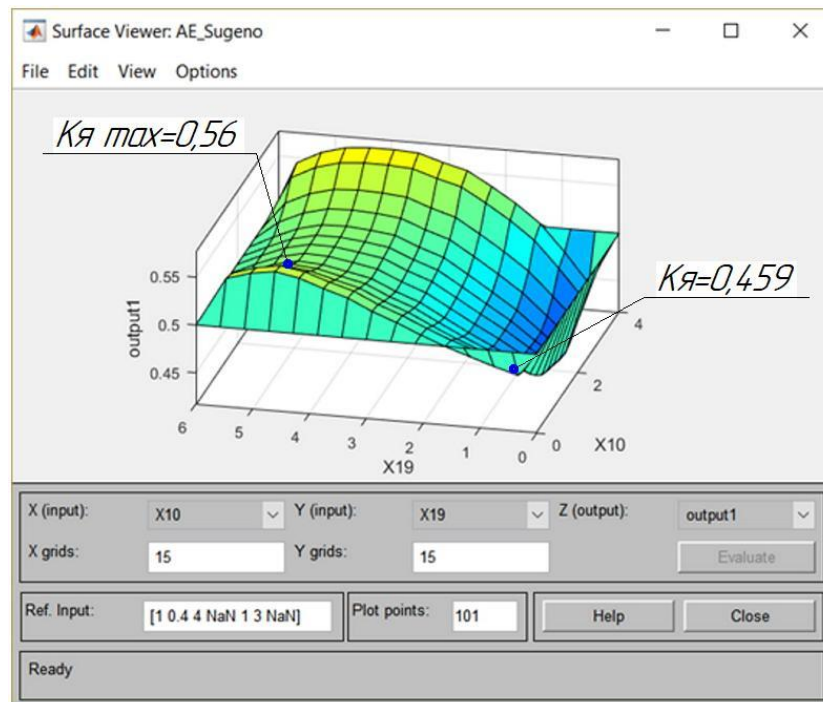


Рис. 5.48. Залежність K_d від повної маси автомобіля (X_{10}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для СТО

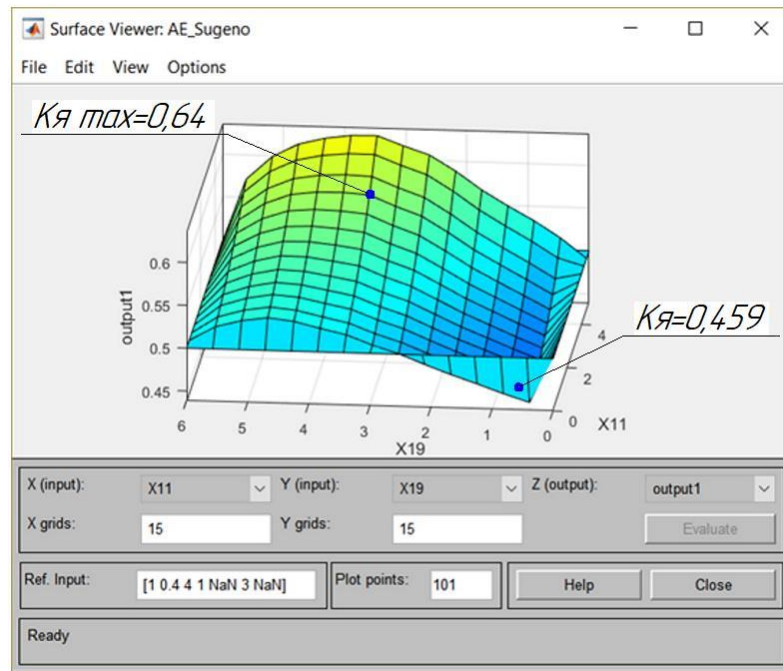


Рис. 5.49. Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для СТО

При обслуговуванні електричних та гібридних автомобілів ($X_{11} = 3$) доцільно організовувати виробництво орієнтуючись на клієнтів з високим рівнем доходу ($X_{19} = 4$). Для отримання максимальної якості технологічних процесів $K_{я \max} = 0,64$ на СТО рекомендується пропонувати послуги ремонту та ТО автомобілів, що перекривають весь спектр енергетичних установок ($X_{11} = 4$), для клієнтів з середнім та високим доходом ($X_{19} = 3$).

Як і у випадку авторемонтних майстерень найкращий показник якості виконання технологічних процесів на СТО $K_{я \max} = 0,59$ можна очікувати в процесі обслуговування автомобілів віком до 3 років ($X_{12} = 1$), власники яких можуть мати різний дохід: низький, середній, високий ($X_{19} = 5$) (рис. 5.50). При виконанні робіт для автомобілів старшого віку ($X_{12} = 2, 3$) так само необхідно орієнтуватись на всі категорії клієнтів, проте показник якості у даному випадку буде мати середній рівень ($0,4 < K_{я} \leq 0,6$).

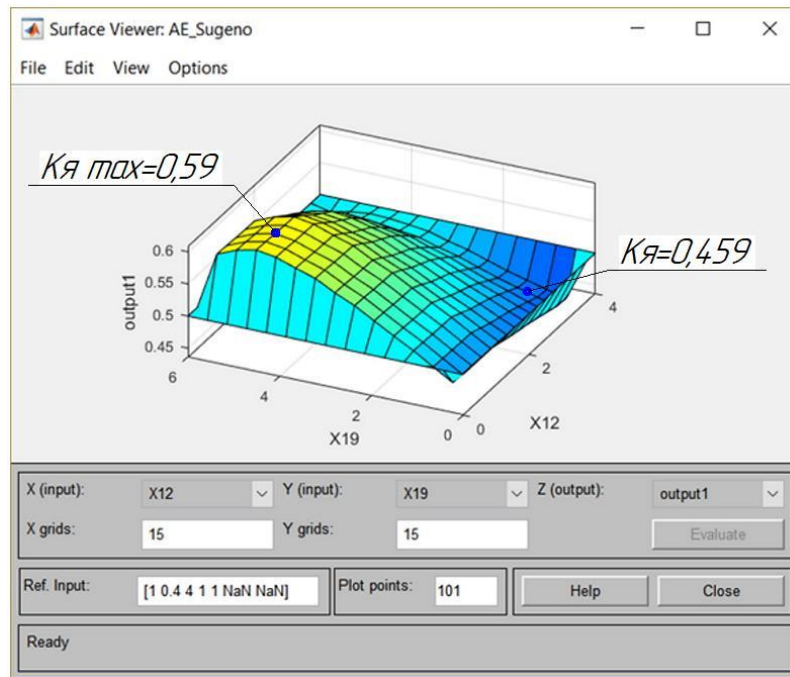


Рис. 5.50. Залежність коефіцієнта якості від віку автомобіля (X_{12}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для СТО

Виходячи з аналізу впливу всіх комбінацій параметрів функціональних елементів «АСП» та «Автомобілі» з X_{19} можна стверджувати, що мінімальний рівень якості робіт буде отримано при обслуговуванні клієнтів з низьким та середнім доходом (рис. 5.45-5.50)

5.3.4 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для авторизованих АСП

В процесі дослідження спільного впливу середовища функціонування та потужності авторизованих АСП на динаміку якості технологічних процесів було отримано наступні результати [240]. Оптимальна якість ремонту та ТО досягається при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим рівнем доходу ($X_{19}=3$) (рис. 5.51). На авторизованих АСП здійснюється технологічна підтримка та контроль якості з боку підприємств-продуцентів, тому показник якості підтримується на високому рівні незалежно від доходу клієнтів. Проте власники

ТЗ з низьким доходом не можуть дозволити собі обслуговування за ціною політикою авторизованих АСП.

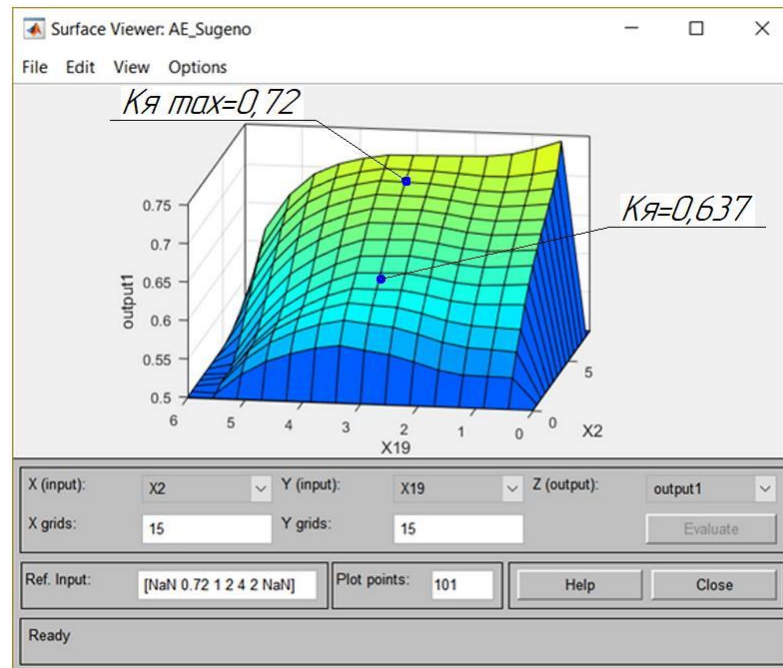


Рис. 5.51. Залежність $K_{\text{я}}$ від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторизованого АСП

При збільшенні кількості постів (7 постів та більше; $X_2 \geq 4$) рівень якості при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим доходом стає рівнозначним ($K_{\text{я max}}=0,72$) до якості обслуговування клієнтів лише з середнім доходом (рис. 5.51).

Аналогічні висновки отримано в процесі дослідження спільного впливу середовища (X_{19}) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) авторизованих АСП (рис. 5.52). При максимальних показниках якості виконаних робіт $K_{\text{я max}}=0,65$ для клієнтів з середнім та високим доходом залучення більшої кількості кваліфікованих кадрів сприяє вирівнюванню якості при обслуговуванні як клієнтів з середнім та високим рівнями доходу, так і клієнтів лише з середнім доходом.

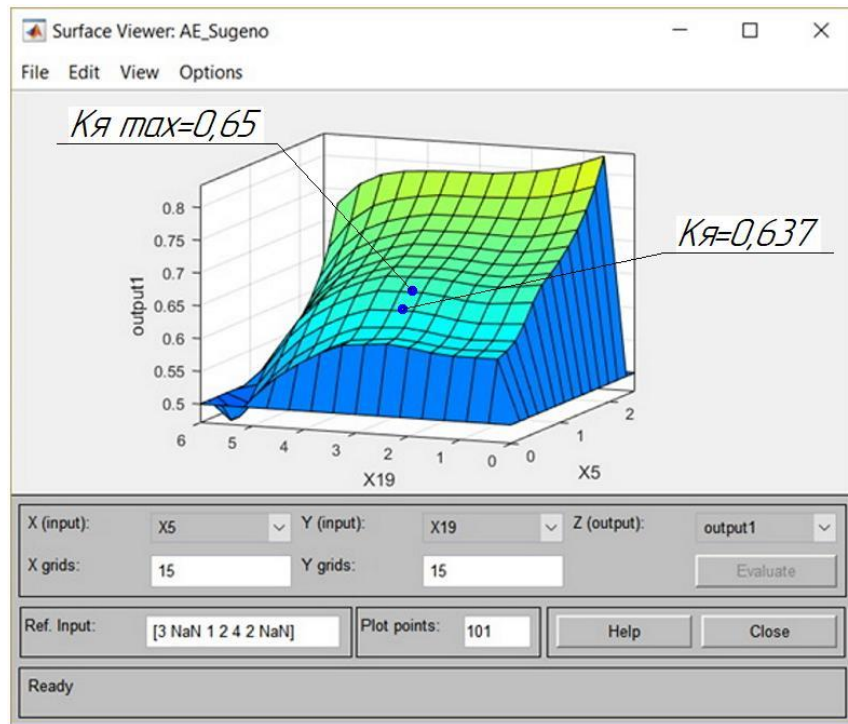


Рис. 5.52. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторизованого АСП

Як і у випадку з незалежними СТО, на авторизованих АСП є доцільним налаштування форми організації виробництва, залежно від доходу клієнтів, з метою отримання оптимальної якості технологічних процесів. Постова форма організації ($X_9 = \overline{1,2}$) 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 ($X_{19} = 4$), а за індивідуального підходу ($X_9 = 4$) можливо забезпечити максимальний рівень якості $K_{я\ max}=0,68$ для клієнтів всіх категорій ($X_{19} = 5$) (рис. 5.53).

При дослідженні комбінацій впливу параметрів функціонального елементу «Автомобілі» та «Середовище» (рис. 5.54-5.56) можна довести тенденцію: максимальне значення параметру якості для авторизованих АСП досягається при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим доходом ($X_{19} = 3$) за фіксованого значення інших параметрів системи. При розширенні спектру автомобілів за повною масою (рис. 5.54) та типом енергетичної установки (рис. 5.55), а також

за умови ремонту та ТО ТЗ віком до 3 років (рис. 5.56) високих показників якості можна досягти при обслуговуванні лише клієнтів з середнім рівнем доходу ($X_{19} = 2$). Мінімальні значення показника якості технологічних процесів отримано при націленості на всі категорії клієнтів ($X_{19} = 5$), що не є ефективним для авторизованих АСП.

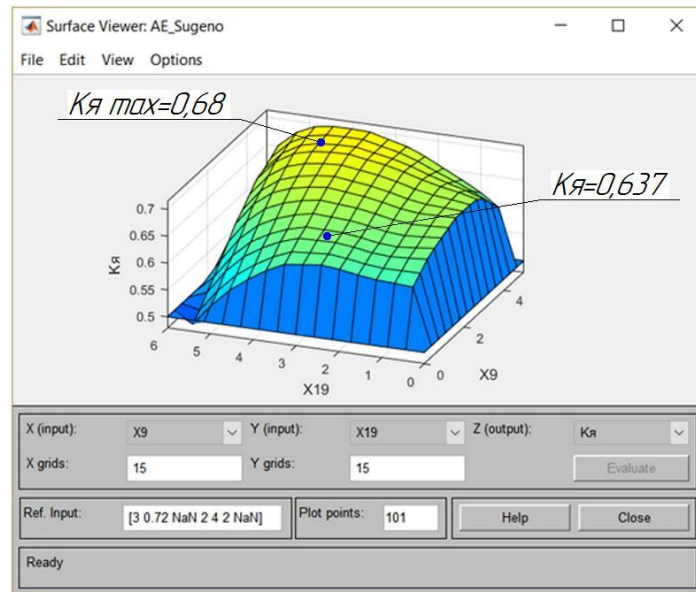


Рис. 5.53. Залежність $Kя$ від форми організації виробництва (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторизованого АСП

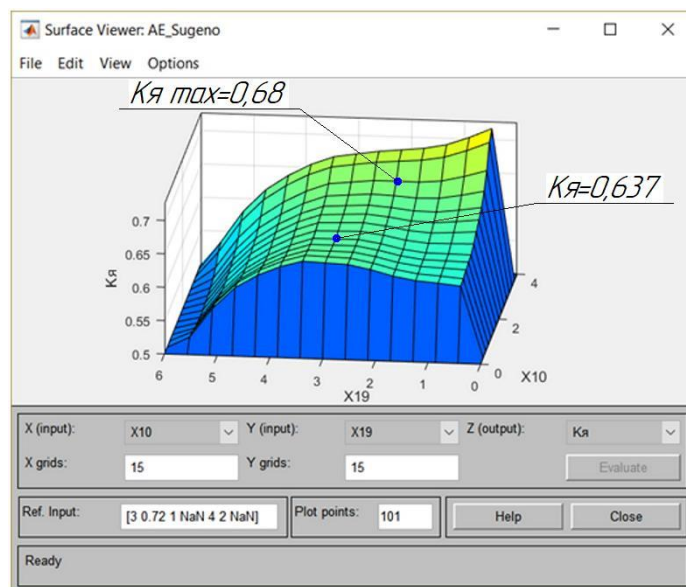


Рис. 5.54. Залежність $Kя$ від повної маси автомобіля (X_{10}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) авторизованого АСП

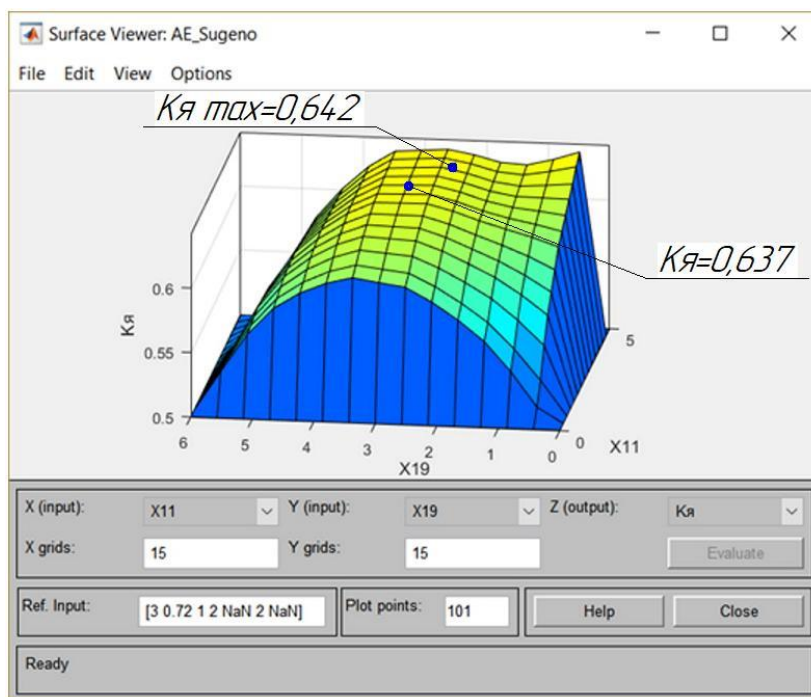


Рис. 5.55. Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторизованого АСП

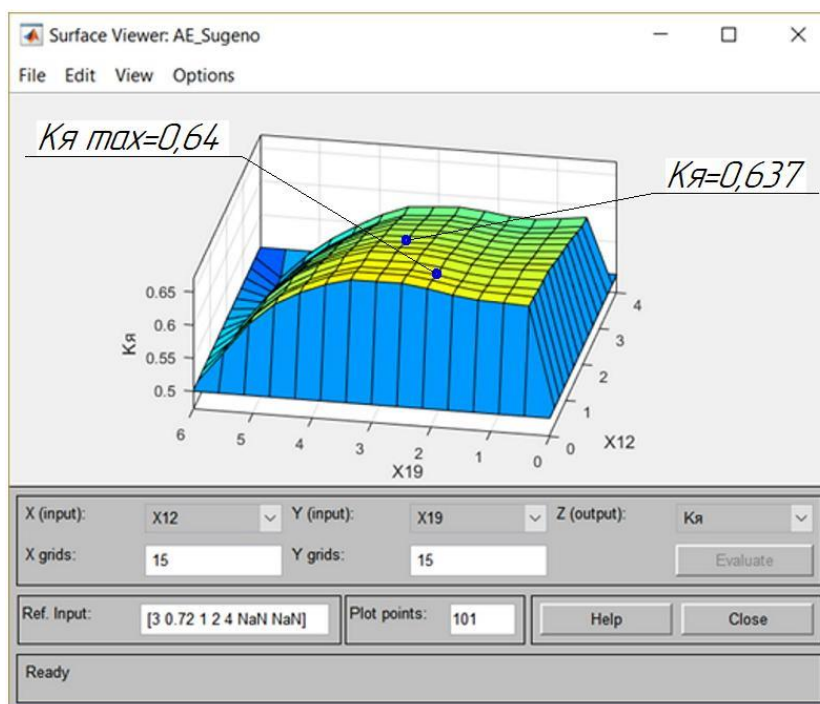


Рис. 5.56. Залежність $K_{я}$ від віку автомобіля (X_{12}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для авторизованого АСП

5.3.5 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для спеціалізованих АСП

При дослідженні динаміки якості технологічних процесів спеціалізованих АСП під впливом середовища функціонування в комбінації з параметрами функціональних елементів «АСП» та «Автомобілі» отримано результати ідентичні до результатів дослідження динаміки якості технологічних процесів авторизованих АСП. Таким чином, на АСП даного типу максимальна якість ремонту та ТО $K_{я\ max}=0,7$ (рис. 5.57), $K_{я\ max}=0,7$ (рис. 5.58), $K_{я\ max}=0,65$ (рис. 5.59) 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, обслуговування автомобілів віком до 3 років, високий рівень якості прогнозується при виконанні послуг за замовленням клієнтів з середнім рівнем доходу ($X_{19} = 2$) (рис. 5.57-5.59).

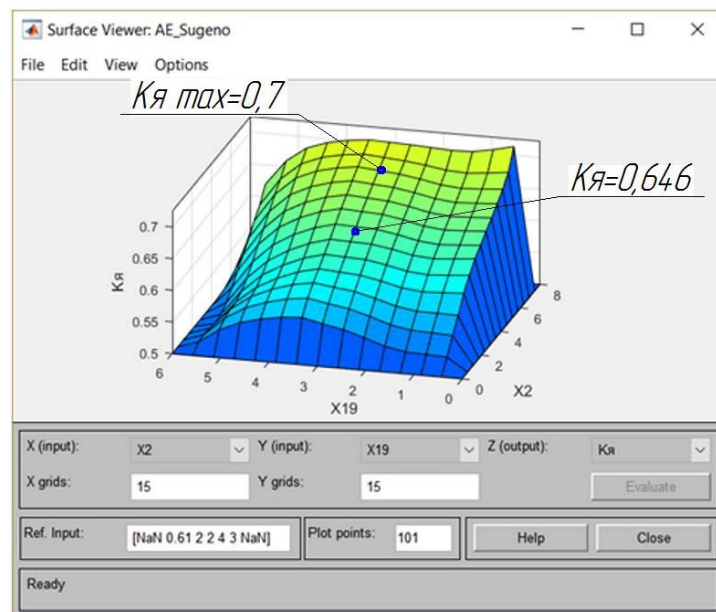


Рис. 5.57. Залежність $K_{я}$ від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

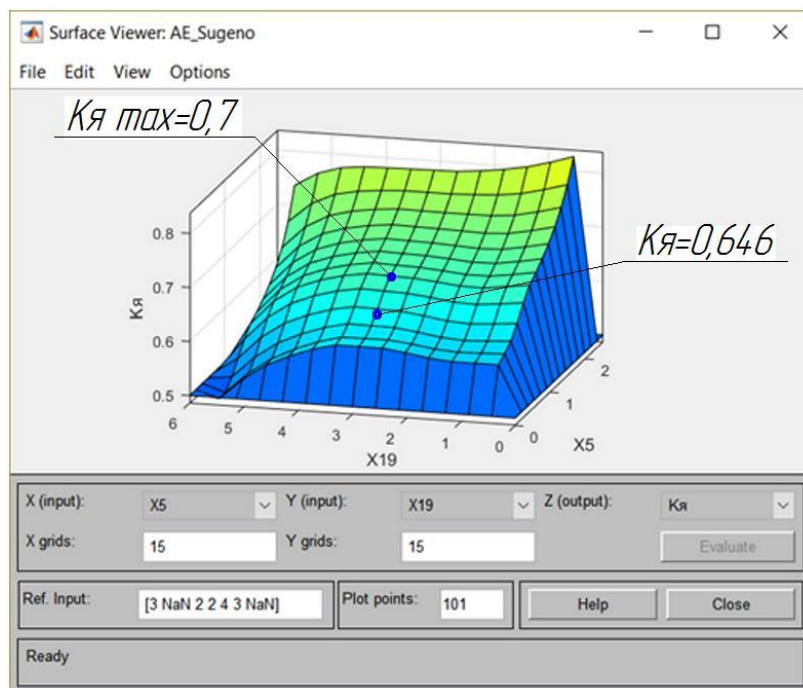


Рис. 5.58. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

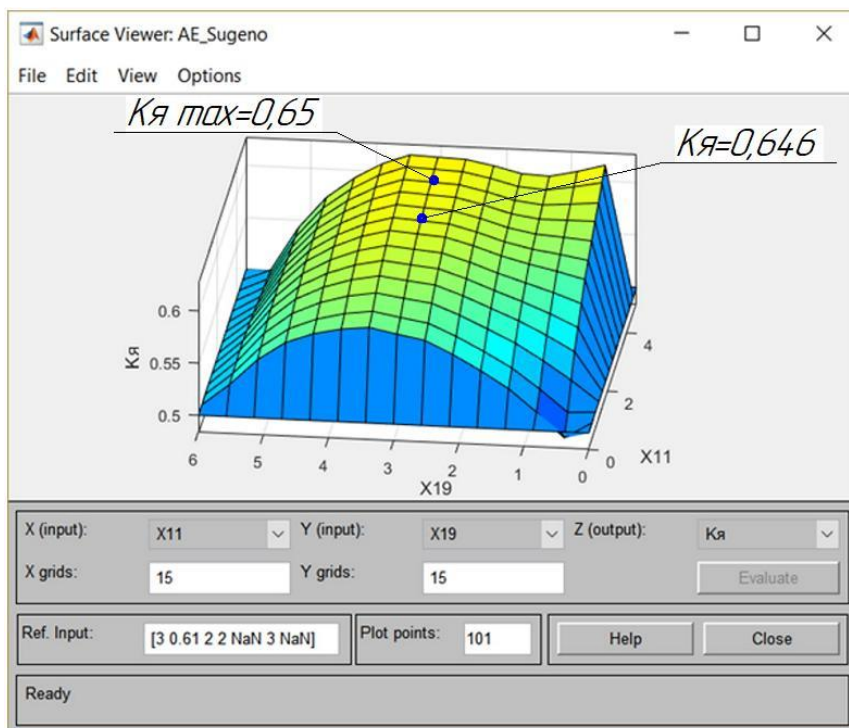


Рис. 5.59. Залежність коефіцієнта якості від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

Даний висновок повністю відповідає результатам проведеного анкетування, за яких значна частка клієнтів спеціалізованих АСП мають середній рівень доходу. Набір послуг спеціалізованих АСП може містити наступне: встановлення газобалонного обладнання, перевірку герметичності газової апаратури, регулювання, налаштування та ремонт газобалонного обладнання, ремонт дизельних двигунів та інше. Даний набір є затребуваний клієнтами з середнім рівнем доходу в більшій мірі, ніж іншими категоріями клієнтів. Інша частка пропонованих послуг спрямована на власників ТЗ з середнім та високим доходом: діагностика рульового механізму, ремонт рулевих рейок з гідравлічним підсилювачем, ремонт рулевих редукторів та інше.

За індивідуальної форми організації виробництва спеціалізованого АСП ($X_9 = 4$) максимум рівня якості $K_{я\ max}=0,67$ отримано при наданні послуг клієнтам з високим рівнем доходу ($X_{19} = 4$) (рис. 5.60).

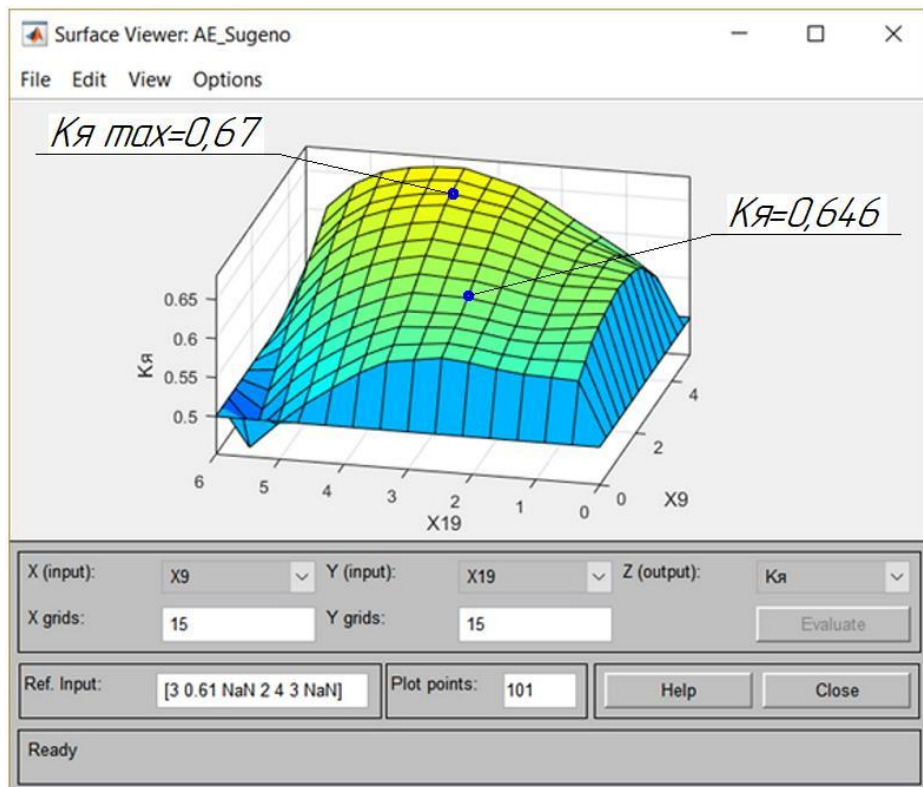


Рис. 5.60. Залежність $K_{я}$ від форми організації виробництва (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

5.3.6 Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» для комплексних АСП

В процесі дослідження комплексних АСП виявлено, що параметри даного типу АСП коригують вплив середовища на динаміку якості технологічних процесів в меншій мірі, ніж параметри розглянутих вище систем автосервісу [240]. При зміні значень інших параметрів загальна тенденція залежності $K_{\text{я}}$ від X_{19} майже не змінюється. За фіксованої потужності АСП найбільші показники якості $K_{\text{я}} \text{ max} = 0,8$ буде отримано, здійснюючи ремонт та ТО автомобілів лише клієнтів з високим доходом: $K_{\text{я}} \rightarrow \text{max}$ при $X_2 \leq 4$ (до 8 постів), $X_{19} = 4$, або при обслуговуванні всіх категорій клієнтів: $K_{\text{я}} \rightarrow \text{max}$ при $X_2 > 4$ (більше 8 постів), $X_{19} = 5$ (рис. 5.61). У другому випадку приріст показника якості є незначущим, а розбіжність між показниками якості за обраної потужності $\Delta K_{\text{я}} \approx 0$. Таким чином, при збільшенні потужності комплексних АСП вибір сегменту клієнтів, на який буде спрямовано діяльність, з метою забезпечення максимальної якості технологічних процесів є рівнозначним. На погіршення показника якості впливають обидва параметри. Найменші показники якості прогножуються за наступних умов: при обслуговуванні автомобілів клієнтів лише з низьким доходом: $K_{\text{я}} \rightarrow \text{min}$ при $X_2 \leq 2$ (до 4 постів), $X_{19} = 1$, або при обслуговуванні автомобілів клієнтів з низьким та середнім доходом: $K_{\text{я}} \rightarrow \text{min}$ при $X_2 > 2$ (більше 4 постів), $X_{19} = 2$ (рис. 5.61).

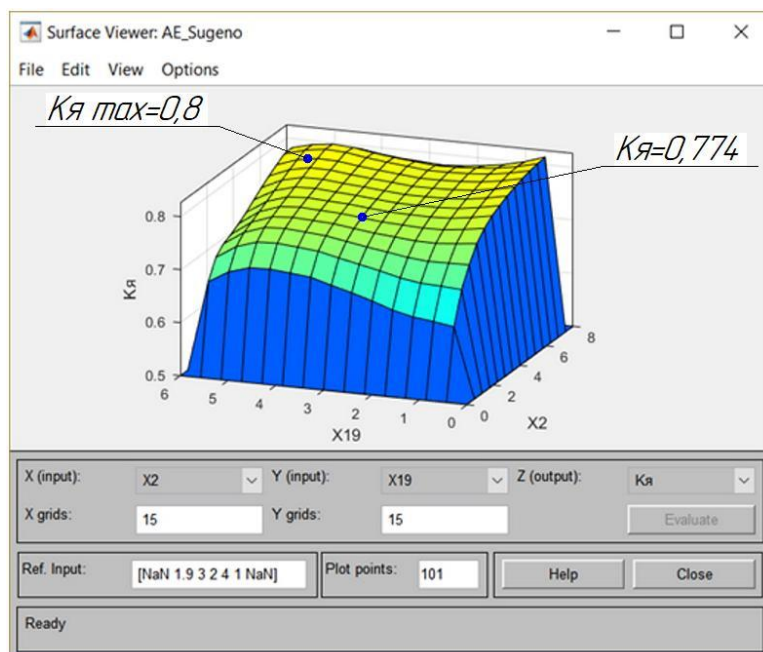


Рис. 5.61. Залежність коефіцієнта якості від потужності АСП (X_2) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для комплексного АСП

При аналізі поверхні $F(X_5, X_{19})$ отримано наступні результати: $K_{я \max}=0,775$ при $X_{19} = 4$ (високий рівень доходу клієнтів) (рис. 5.62).

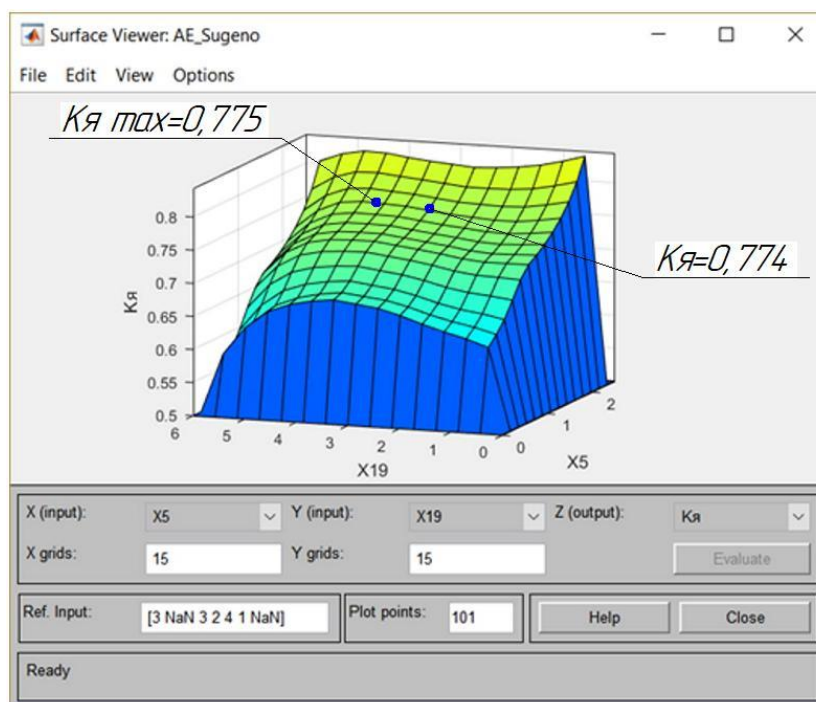


Рис. 5.62. Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для комплексного АСП

При збільшенні кількості та якості ресурсів розбіжності в якості виконання технологічних процесів сходять до нуля не залежно від обраного терму показника X_{19} .

Не залежно від рівня забезпеченості персоналом показник якості набуває мінімального значення при обслуговуванні всіх категорій клієнтів: $K_y \rightarrow \min$ при $X_5 \leq 0,4$, $X_{19} = 5$.

Як і у випадку інших типів підприємств зміна форми організації виробництва комплексного АСП дозволяє підлаштовуватись до умов середовища функціонування. Максимальна якість $K_y \max = 0,79$ буде отримана при обслуговуванні клієнтів з різним доходом ($X_{19} = 5$) за умови індивідуальної форми виробництва (5.63). Для того ж терму значень X_{19} буде отримано мінімальне значення показника якості, якщо застосувати постову форму з універсальним обладнанням.

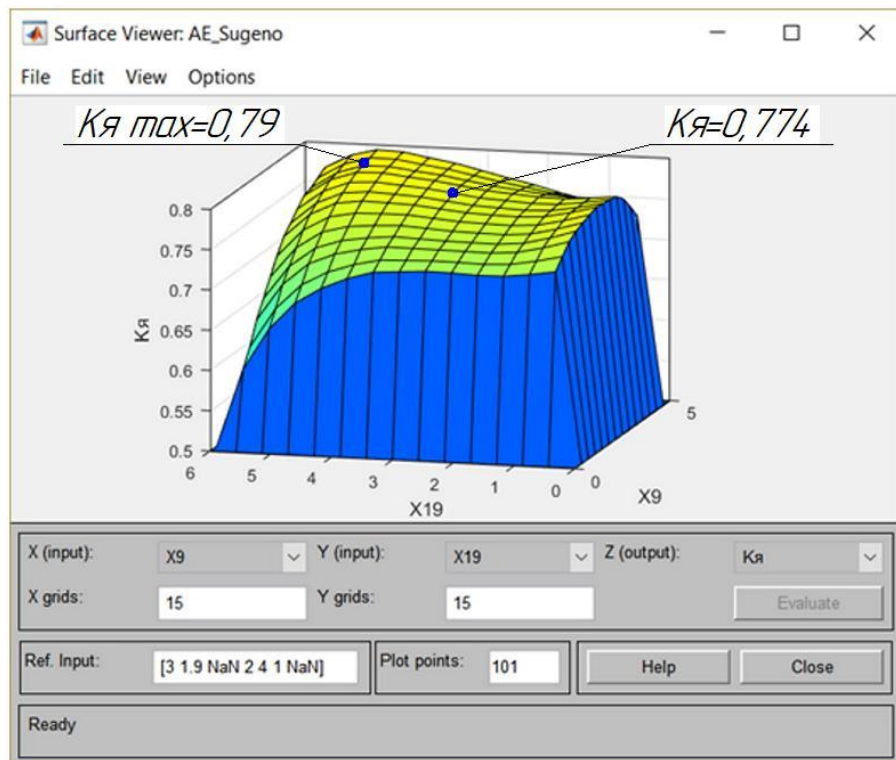


Рис. 5.63. Залежність K_y від форми організації виробництва (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для комплексного АСП

В поєднанні з параметрами автомобілів (X_{10} , X_{11} , X_{12}) рівень доходу власників ТЗ незначуще впливає на динаміку якості технологічних процесів. Максимальне значення показника якості $K_{я\ max}=0,78$ отримано при обслуговуванні клієнтів з різним рівнем доходу ($X_{19} = 5$) (рис. 5.64).

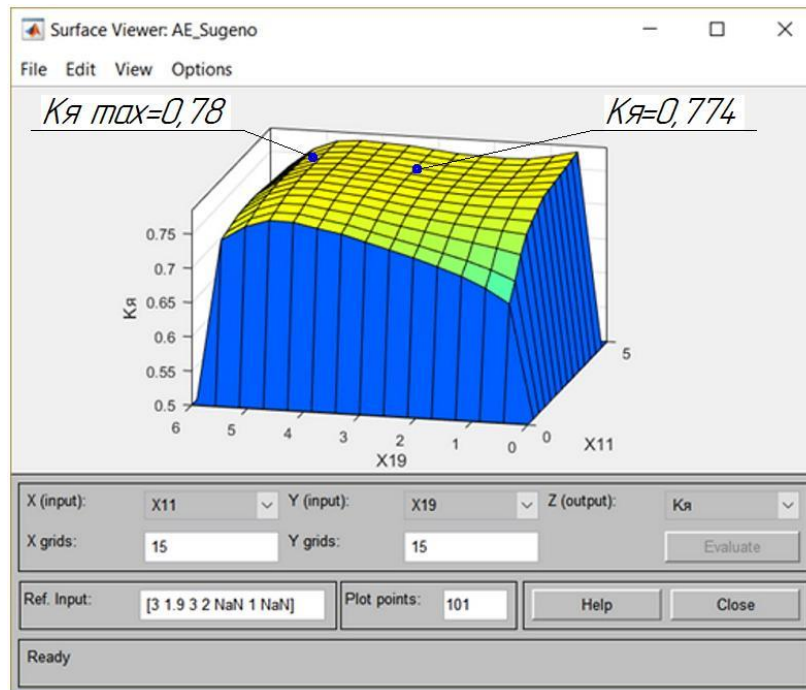


Рис. 5.64. Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для комплексного АСП

Таким чином, можна зробити узагальнюючий висновок, що орієнтація на більш вузький спектр клієнтів з високим доходом ($X_{19} = 4$) важлива для більш малих підприємств автосервісу, таких як пункти ТО та авторемонтні майстерні. При збільшенні масштабу підприємства до СТО та відповідно розширюючи перелік пропонованих послуг спектр клієнтів збільшується. Оптимальний терм значень X_{19} відповідає клієнтам з низьким, середнім та високим рівнями доходу ($X_{19} = 5$). Для комплексних АСП важливу роль відіграє масштаб АСП: для невеликих комплексних підприємств оптимальним значення є $X_{19} = 4$, для більш масштабних за потужністю, рівнем трудових ресурсів, широтою спектру автомобілів, що обслуговуються максимальна якість отримано при $X_{19} = 5$. За зазначених вище причин на авторизованих АСП та спеціалізованих АСП

доцільно спрямовувати бізнес автосервісу на терм, що відповідає власникам ТЗ з середнім та високим доходом.

За додаткових умов, таких як збільшення кількості постів, підвищення рівня забезпеченості персоналом, при обслуговуванні більш нових автомобілів, розбіжності між показниками якості для різних термів значень X_{19} згладжується та зводиться до мінімуму. Тому вибір конкретного терму рівня доходу стає не значимим. Найменші значення показника якості досягається при обслуговуванні лише клієнтів з низьким та середнім доходом на одному АСП.

Для всіх типів АСП є можливість підлаштовувати виробництво під середовище функціонування шляхом реорганізації форми виробництва. Таким чином, в залежності від доходу власників ТЗ, які обслуговуються в зоні дії клієнтського радіусу, рекомендується обрати оптимальну форму організації виробництва.

Параметри функціонального елементу «Автомобілі» не значуще корелюють вплив рівня доходу клієнтів на динаміку змін показника якості технологічних процесів.

Вплив функціонального елементу «Середовище» на динаміку показника якості не може розглядатись окремо від інших параметрів системи автосервісу та обов'язково повинен бути врахований лише в комбінації з параметрами функціонального елементу «АСП».

5.4 Соціально-економічна ефективність роботи системи автосервісу в умовах її оптимізації

5.4.1 Методика розрахунку соціально-економічної ефективності роботи системи автосервісу

Аналіз доцільності здійснення оптимізаційних робіт базується на розрахунку значення приросту показника соціально-економічної ефективності обслуговування автомобілів в системах автосервісу.

В розділі 4 визначено множину входних параметрів моделі системи автосервісу на макрорівні: x_1 – вид АСП, x_2 – потужність АСП, x_3 – рівень забезпеченості площами, x_4 – рівень забезпеченості технологічним обладнанням, x_5 – рівень забезпеченості персоналом, x_6 – рівень забезпеченості матеріальними ресурсами, x_7 – рівень інформаційного забезпечення, x_8 – рівень екологічної безпеки, x_9 – форма організації виробництва, x_{10} – повна маса автомобіля, x_{11} – тип енергетичної установки, x_{12} – вік автомобіля, x_{13} – місце локації, x_{14} – щільність населення, x_{15} – рівень автомобілізації, x_{16} – насиченість потужностями, x_{17} – рівень логістичного потенціалу, x_{18} – коефіцієнт лояльності клієнтів, x_{19} – рівень доходу власників транспортного засобу. Параметри $x_1, x_2, x_9 - x_{16}, x_{19}$ є якісними та дорівнюють номеру варіанту реалізації відповідної морфологічної ознаки, а $x_3 - x_8, x_{17}, x_{18}$ – кількісними. За вихідний параметр системи прийнято рівень якості технологічних процесів K_j .

Соціально-економічну ефективність автосервісу розраховуємо за (2.26), що залежить від доходу та загальних витрат автосервісу.

Складові (2.26) у загальному випадку залежать від параметрів системи, тому модель (2.26) доцільно уточнити з врахуванням результатів дослідження систем автосервісу різних типів. Дохід автосервісу в зоні клієнтського радіусу розраховується за формулою (5.1):

$$D = N_{\pi} \cdot A_3 \cdot C_{az}, \quad (5.1)$$

де $N_{\pi} = f_1(x_2)$ – кількість постів в системі автосервісу;

$A_3 = f_2(K_A, Age_A) = f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15})$ – середня кількість автомобіле-заїздів на один пост протягом року, автомобіле-заїзд/пост;

K_A – кількість автомобілів в зоні обслуговування;

$Age_A = x_{12}$ – середній вік автомобілів;

$C_{az} = f_3(x_4, x_5, x_6)$ – середня ціна одного автомобіле-заїзду, грн/автомобіле-заїзд.

Загальні витрати автосервісу протягом року розраховуються за формулою (5.2):

$$ЗВ = В_{PC} + В_{MP} + В_{накл} + A_{обл} + В_{Fpost}, \quad (5.2)$$

де $В_{PC} = (1 + H_{фзп})\Phi_{зп} = (1 + H_{фзп}) \sum_{j=1}^{pc} f_4(x_5) * \Phi_{pj} = f'_4(x_5)$ – річні витрати на трудові ресурси;

$H_{фзп}$ – єдиний соціальний внесок;

$\Phi_{зп} = \sum_{j=1}^{pc} C_{трj} * \Phi_{pj}$ – річний фонд заробітної плати, грн.;

pc – кількість робітників;

$C_{трj} = f_4(x_5)$ – погодинна ставка заробітної плати робітників, грн./год.;

Φ_{pj} – річний фонд робочого часу j -го працівника за погодинної форми оплати, год.;

$В_{MP} = В_{MP}^{куп} + В_{MP}^{трансп} + В_{MP}^{збер} = f_5(x_2, x_6)$ – витрати на запасні частини, агрегати та експлуатаційні матеріали, грн.;

$В_{MP}^{куп}$ – річні сукупні витрати на закупівлю матеріальних ресурсів, грн.;

$В_{MP}^{трансп}$ – річні сукупні витрати на транспортування матеріальних ресурсів, грн.;

$В_{MP}^{збер}$ – річні сукупні витрати на зберігання матеріальних ресурсів, грн.;

$В_{накл} = C_H * В_{PC} = C_H * f'_4(x_5) = f_6(x_5)$ – накладні витрати, що містять витрати на оренду, плату за землю, амортизацію будівель та споруд, витрати ресурсів на експлуатацію обладнання, виробничих та адміністративних приміщень, фонд заробітної плати апарату управління та нарахування на заробітну плату апарату управління [33];

C_H – доля накладних витрат від загальної вартості трудових ресурсів;

$A_{обл} = N'_П * NA * AB = f'_7(x_4, x_9)$ – амортизація обладнання, грн.;

$N'_П$ – кількість постів, для яких розраховуються амортизація обладнання;

NA – норма амортизаційних відрахувань за рік;

$AB = f_7(x_4, x_9)$ – амортизаційна вартість обладнання одного поста, грн.;

$B_{Fpost} = N_{\Pi} * B_F * F = f_8(x_2)$ – загальні витрати на виробничі площі на рік, грн.;

B_F – місячна собівартість утримання одного м² виробничої площі, грн.;

F – площа одного поста, м².

Таким чином, при підстановці (5.1)-(5.2) в формулу (2.26) буде отримано наступний аналітичний вираз для розрахунку соціально-економічної ефективності функціонування, а відповідно і річного прибутку, системи автосервісу на макрорівні:

$$E_{\Phi} = \Pi = f_1(x_2) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6) - [f_4'(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f_7'(x_4, x_9) + f_8(x_2)]. \quad (5.3)$$

Приріст показника соціально-економічної ефективності ΔE_{Φ} визначається як різниця між відповідними показниками ефективності до та після оптимізації системи автосервісу. Таким чином, критерій доцільності реалізації цільового рівня якості визначається за наступним виразом:

$$\Delta E_{\Phi} = E_{\Phi_2} - E_{\Phi_1} > 0. \quad (5.4)$$

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.

За умови отримання додатного значення приросту показника ефективності доцільно дотримуватись рекомендацій, що надано в розділах 5.1-5.3.

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 (5.4) та річних витрат клієнтів, що пов'язані з отриманням послуг.

Витрати кожного клієнта, що пов'язані з отриманням послуг протягом року, в середньому розраховуються за формулою (5.5) [159]:

$$B_{\text{кл}} = K_3 \cdot [L_{\text{км}} \cdot \Pi_{\text{км}} + (T_{\text{пр}} + T_{\text{ТОР}} + T_{\text{оч}} + T_{\text{рек}} + T_{\text{др}} + T_{\text{зч}}) \cdot \Pi_{\text{Т}}], \quad (5.5)$$

де $K_3 = f_9(x_1, x_{18}, K_{\text{Я}}) = f'_9(x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{18}, x_{19})$ – кількість звернень одного клієнта на автосервіс протягом року;

$L_{\text{км}}$ – пробіг для отримання послуги, км;

$\Pi_{\text{км}} = f_{10}(x_{12}, x_{19})$ – ціна кілометра пробігу, грн/км;

$T_{\text{пр}} = f_{11}(R_{\text{кл } j}, x_{14}, x_{15})$ – час, витрачений в пробках при отриманні послуг, год.;

$R_{\text{кл } j} = \text{const}$ – клієнтський радіус в межах j -ї області обслуговування та рівних за площею до неї областей;

$T_{\text{ТОР}} = f_{12}(x_4, x_5, x_6, x_7, x_{17})$ – час виконання обслуговування та ремонту, год.;

$T_{\text{оч}} = f_{13}(x_2, x_{14}, x_{15})$ – час очікування обслуговування, год.;

$T_{\text{рек}} = f_{14}(K_{\text{Я}}) = f'_9(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19})$ – час, пов'язаний з рекламациями, год.;

$T_{\text{др}}$ – час, витрачений на вирішення питань додаткових робіт, год.;

$T_{\text{зч}} = f_{15}(x_2, x_{17})$ – час, витрачений на пошук та доставку запасних частин, год.;

$\Pi_{\text{Т}} = f_{16}(x_{19})$ – ціна одиниці часу, грн/год.

Час, витрачений на пошук та доставку запасних частин, $T_{\text{зч}}$ визначається як сума питомих витрат часу на постачання запасних частин з власного складу, з регіонального складу та від виробника [33]. Таким чином, для розрахунку $T_{\text{зч}}$ застосовано наступну формулу:

$$T_{зч} = \alpha \cdot tA_S + \beta \cdot tB_S + \gamma \cdot tC_S, \quad (5.6)$$

де α, β, γ – частки запасних частин категорій A , B та C , що постачаються з власного складу, з регіонального складу та від виробника відповідно;

$tA_S, tB_S, tC_S = f_{17}(x_2, x_{17})$ – середній час постачання запасних частин категорії A з власного складу, категорії B з регіонального складу, категорії C від виробника відповідно.

Таким чином, формула (5.5) набуває наступного виду:

$$\begin{aligned} B_{кл} = & f'_4(x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{18}, x_{19}) \cdot [L_{км} \cdot f_5(x_{12}, x_{19}) + \\ & + \left(f_6(R_{клj}, x_{14}, x_{15}) + f_7(x_4, x_5, x_6, x_7, x_{17}) + f_8(x_2, x_{14}, x_{15}) + \right. \\ & \left. + f'_9(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) + T_{др} + f_{10}(x_2, x_{17}) \right) \times \\ & \times f_{11}(x_{19})]. \end{aligned} \quad (5.7)$$

В розділі 4 визначено, що $x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}$ є базисом системи, тому всі інші параметри виражаються через них. На основі статистичних даних (рис. 4.2) отримано рівняння лінійної множинної регресії [219] для залежних параметрів системи, що входять до функцій (5.3, 5.7), які у загальному вигляді для j -го залежного параметру можна представити наступним чином:

$$x_j = a_0^j + a_2^j x_2 + a_5^j x_5 + a_9^j x_9 + a_{10}^j x_{10} + a_{11}^j x_{11} + a_{12}^j x_{12} + a_{19}^j x_{19}. \quad (5.8)$$

Коефіцієнти перед базисними змінними у відповідних рівняннях регресії наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Коефіцієнти лінійних рівнянь для визначення залежних параметрів, що входять до функції соціально-економічної ефективності

Залежний параметр x_j	Коефіцієнти рівнянь регресії при незалежних параметрах							
	a_0^j	a_2^j	a_5^j	a_9^j	a_{10}^j	a_{11}^j	a_{12}^j	a_{19}^j
x_1	0,82166	0,77471	-1,68673	0,02865	0,27801	-0,57500	0,30085	0,77626
x_4	0,90198	-0,03403	0,41598	0,00883	0,03057	0,03235	-0,17425	-0,04044
x_6	-0,14023	0,02198	0,32502	0,04112	0,16201	0,04675	-0,05086	-0,06524
x_7	0,01963	0,08383	0,04411	-0,00345	0,13682	0,03629	-0,06833	0,00953
x_{14}	1,61422	-0,12798	0,80125	0,06280	0,41621	0,18354	0,04965	-0,10589
x_{15}	1,55743	0,06793	-0,09093	0,35889	0,10519	0,08030	-0,23656	-0,09888
x_{17}	0,34481	-0,00259	0,11979	0,00335	0,05817	0,04660	-0,02721	-0,00762
x_{18}	1,24184	-0,00660	0,10446	-0,01036	-0,00583	0,03626	-0,24313	-0,04969
$K_{\text{я}}$	0,50551	0,01372	0,22627	0,02162	0,0796	0,01524	-0,1229	-0,01889

В результаті підстановки значень таблиці 5.1 в (5.8) можна отримати аналітичні вирази для розрахунку вхідних параметрів залежностей (5.3) та (5.7), які набудуть наступного виду:

$$E_{\text{ф}} = f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) = f'(K_{\text{я}}) \quad (5.9)$$

$$B_{\text{кл}} = f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) = f''(K_{\text{я}}) \quad (5.10)$$

У загальному вигляді цільові функції задачі оптимізації представлено системою (5.11):

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{\phi} = \Pi = f_1(x_2) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6) - \\ - [f'_4(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f'_7(x_4, x_9) + f_8(x_2)] \rightarrow \max; \\ B_{\text{кл}} = f'_4(x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{18}, x_{19}) \cdot [L_{\text{км}} \cdot f_5(x_{12}, x_{19}) + \\ + (f_6(R_{\text{кл}j}, x_{14}, x_{15}) + f_7(x_4, x_5, x_6, x_7, x_{17}) + f_8(x_2, x_{14}, x_{15}) + \\ + f'_9(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) + T_{\text{др}} + f_{10}(x_2, x_{17}) \\ \times f_{11}(x_{19})] \rightarrow \min, \end{array} \right. \quad (5.11)$$

а враховуючи (5.9) та (5.10) у наступному вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \max; \\ f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \min. \end{array} \right. \quad (5.12)$$

Систему (5.12) можна звести до наступної цільової функції:

$$\frac{f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19})}{f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19})} = f'''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \max. \quad (5.13)$$

В процесі оптимізації необхідно враховувати наступні обмеження:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{2 \text{ стат.}} < x_2 \leq ((x_{14} \cdot \frac{x_{15}}{1000} \cdot R_{\text{кл}}) / f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15})) : x_{18} \\ x_{5 \text{ стат.}} < x_5 \leq 1, \text{ при } x_{5 \text{ стат.}} \leq 1 \\ 0 < x_5 \leq 1, \text{ при } x_{5 \text{ стат.}} > 1 \\ 1 \leq x_9 \leq 4 \\ 1 \leq x_{10} \leq 3 \\ 1 \leq x_{11} \leq 4 \\ 1 \leq x_{12} \leq 3 \\ 1 \leq x_{19} \leq 5 \\ x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19} \geq 0 \\ x_2, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19} - \text{цілі числа} \end{array} \right. \quad (5.14)$$

де $x_{2 \text{ стат.}}$, $x_{5 \text{ стат.}}$ – статистичні значення відповідних параметрів, що отримано до оптимізації автосервісу;

$R_{\text{кл}}$ – клієнтський радіус системи автосервісу.

На основі розв'язку задачі (5.13)-(5.14), формули (5.8) та табл. 5.1 стає можливим визначити оптимальну морфологічну структуру системи автосервісу на макрорівні. У загальному вигляді етапи описаної методики можна представити у вигляді блок-схеми (рис. 5.65).

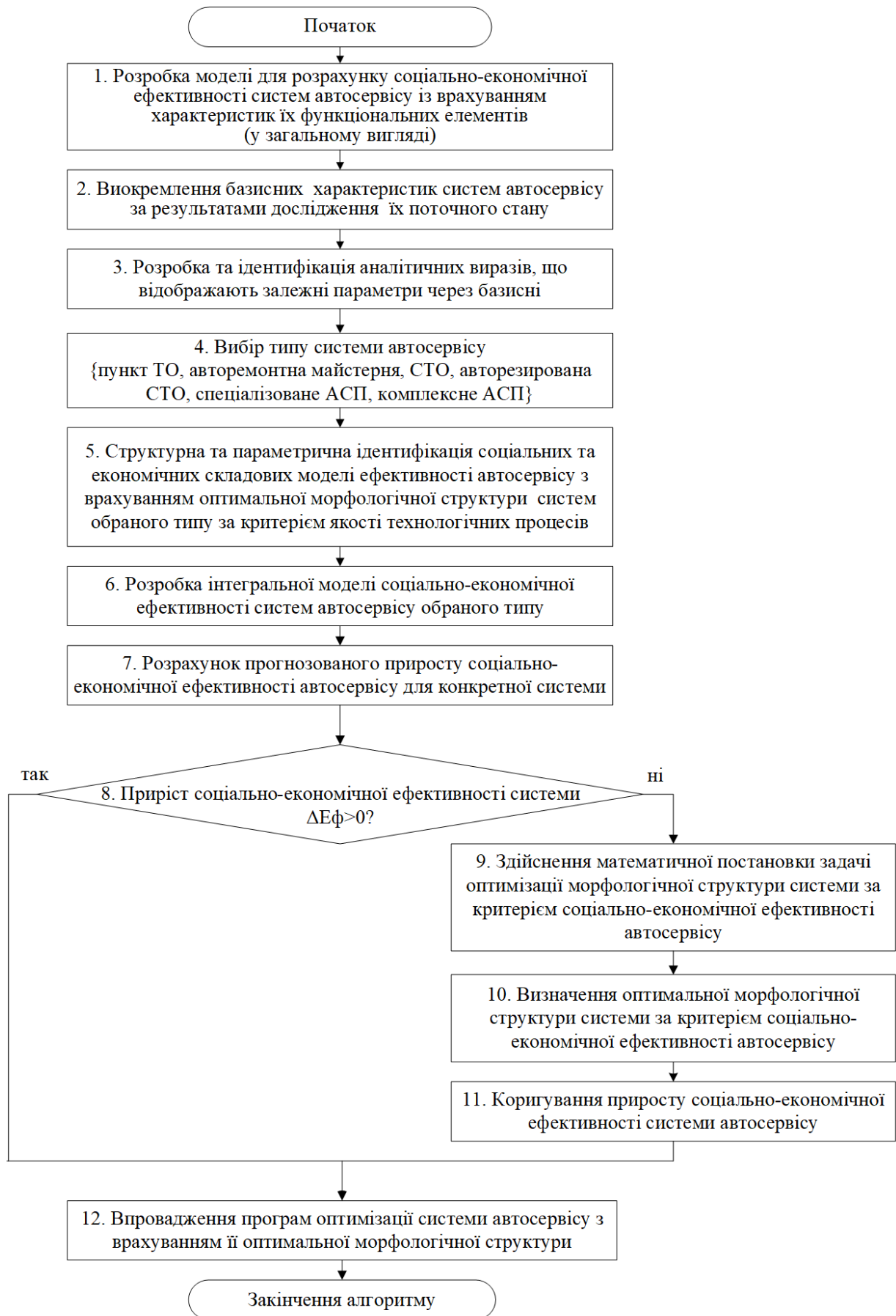


Рис. 5.65. Алгоритм визначення оптимальної морфологічної структури системи на основі аналізу соціально-економічної ефективності автосервісу

5.4.2 Апробація методики розрахунку соціально-економічної ефективності на прикладі спеціалізованої системи автосервісу на макрорівні

Спираючись на нелінійну математичну модель типу Сугено в розділах 5.1-5.3 було визначено оптимальні значення незалежних параметрів типових систем автосервісу. На основі інформації про оптимальну морфологічну структуру спеціалізованих систем автосервісу та дані з табл. 5.1, отримано аналітичні вирази для функцій $f_1 - f_{16}$ (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

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

$f_j(X)$	Аналітичне представлення
$f_1(X)$	$1,33 + 1,67x_2$
$f_2(X)$	$-192,75 + 465x_{12} - 96,375x_{14} - 88,875x_{15} = -486,737 + 6,29658x_2 - 69,1391x_5 - 37,9492x_9 - 49,4612x_{10} - 24,8252x_{11} + 481,24x_{12} + 18,9932x_{19}$
$f_3(X)$	$-12164 + 19438x_4 + 4644x_5 - 13192x_6 = 7218,683 - 954,499x_2 + 8442,104x_5 - 370,709x_9 - 1542,99x_{10} + 12,09033x_{11} - 2716,28x_{12} + 74,54599x_{19}$
$f_4'(X)$	$179559 + 3065641x_5$
$f_5(X)$	$675673,1x_2 - 74303,6x_6 = 10419,79 + 656039,7231x_2 - 24150,2x_5 - 3055,21x_9 - 12037,9x_{10} - 3473,83x_{11} + 3778,745x_{12} + 4847,564x_{19}$
$f_6(X)$	$35911,79 + 613128,2x_5$
$f_7'(X)$	$-32608,7x_4 + 15978,26x_9 = -29432,2 + 1110,463x_2 - 13573,6x_5 + 15700,72x_9 - 997,559x_{10} - 1055,64x_{11} + 5686,032x_{12} + 1319,626x_{19}$
$f_8(X)$	$-240960 + 204240x_2$
$f_9'(X)$	$0,2 - 0,05645x_1 - 1,85x_{18} + 5,2K_{\text{я}} = 0,48489 + 0,03983x_2 + 1,07859x_5 + 0,12999x_9 + 0,40902x_{10} + 0,04463x_{11} - 0,20629x_{12} - 0,05012x_{19}$
$f_{10}(X)$	$0,84444x_{12} + 2,48889x_{19}$
$f_{11}(X)$	$0,16 + 0,01R_{\text{кл}} - 0,08x_{14} - 0,03x_{15} = -0,01586 + 0,0082x_2 - 0,06137x_5 - 0,01579x_9 - 0,03645x_{10} - 0,01709x_{11} + 0,00313x_{12} + 0,01144x_{19} + 0,01R_{\text{кл}}$

Продовження таблиці 5.2

$f_{12}(X)$	$-5,4 + 3,1x_4 - 11,625x_5 + 31,2x_6 - 21,2x_7 + 3,5x_{17} = -6,188474 -$ $-1,205919x_2 - 0,710652x_5 + 1,395129x_9 + 2,4524803x_{10} +$ $+0,9526787x_{11} - 0,773554x_{12} - 2,389633x_{19}$
$f_{13}(X)$	$0,8 - 0,015x_2 + 0,295x_{14} - 0,073125x_{15} = 1,162308 - 0,05772x_2 +$ $+0,243019x_5 - 0,00772x_9 + 0,11509x_{10} + 0,048272x_{11} + 0,031944x_{12} -$ $-0,02401x_{19}$
$f'_{14}(X)$	$0,302 - 0,4K_{\text{я}} = 0,099794 - 0,00549x_2 - 0,09051x_5 - 0,00865x_9 - 0,03184x_{10} -$ $-0,0061x_{11} + 0,049161x_{12} + 0,007556x_{19}$
$f_{15}(X)$	$-5,84464x_2 + 66,12662x_{17} = 22,8011 - 6,01563x_2 + 7,921351x_5 +$ $+0,221792x_9 + 3,846347x_{10} + 3,081714x_{11} - 1,79944x_{12} - 0,50401x_{19}$
$f_{16}(X)$	$-424 + 181x_{19}$

Аналіз доцільності проведення оптимізаційних заходів з метою отримання максимального рівня якості технологічних процесів здійснено на прикладі спеціалізованого АСП «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси. Вихідні параметри для розрахунку показників ефективності до оптимізації виробництва та після оптимізації наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Вихідні параметри для розрахунку показника ефективності

№	Позначення параметру	Назва параметру	До оптимізації	Після оптимізації
1	$N_{\text{п}} = f_1(X)$	Кількість постів	8	13
2	$A_3 = f_2(X)$	Кількість автомобіле-заїздів на 1 пост за рік, автомобіле- заїзд/пост	741	756
3	$\text{Ц}_{\text{аз}} = f_3(X)$	Середня ціна одного автомобіле-заїзда, грн/автомобіле-заїзд	1450	1538
4	$H_{\text{фзп}}$	Єдиний соціальний внесок	0,22	0,22
5	$\Phi_{\text{рj}}$	Річний фонд робочого часу j-го працівника за погодинної форми оплати, год.	2000	2000

Продовження табл. 5.3

6	pc	Кількість робітників на постах	14	19
7	$\Phi_{3П}$	Річний фонд заробітної плати, грн.	1680000	2660000
8	$B_{PC} = f'_4(X)$	Річні витрати на робочу силу, грн.	2049600	3245200
9	$B_{MP} = f_5(X)$	Річні витрати на запасні частини, агрегати та експлуатаційні матеріали, грн.	2578680	4534639
10	C_H	Частка накладних витрат від загальної вартості трудових ресурсів	0,2	0,2
11	$B_{накл} = f_5(X)$	Накладні витрати, грн	409920	649040
12	$N'_П$	Кількість постів, для яких розраховуються амортизація обладнання	-	5
13	$AB = f_7(X)$	Амортизаційна вартість обладнання одного поста, грн.	-	40000
14	$A_{обл} = f'_8(X)$	Амортизація обладнання, грн.	-	30000
15	B_F	Місячна собівартість утримання одного м ² виробничої площі, грн.	200	254
16	F	Площа одного поста, м ²	30	30
17	B_{Fpost}	Загальні витрати на виробничі площі на рік, грн.	576000	1188720
18	$K_3 = f'_9(X)$	Кількість звернень одного клієнта на автосервіс протягом року	1	0,6
19	$L_{км}$	Пробіг для отримання послуги, км	5	7
20	$\Pi_{км} = f_{10}(X)$	Ціна кілометра пробігу, грн/км	10	10,8
21	$T_{пр} = f_{11}(X)$	Час, втрачений в автомобільних пробках при отриманні послуг, год.	0,16	0,2
22	$T_{ТОР} = f_{12}(X)$	Час виконання ТО та ремонту, год.	2,7	2,5
23	$T_{оч} = f_{13}(X)$	Час очікування виконання обслуговування, год.	0,62	0,25

Продовження табл. 5.3

24	$T_{\text{рек}} = f'_{14}(X)$	Час, пов'язаний з рекламаціями, год.	0,03	0,01
25	$T_{\text{др}}$	Час, витрачений на вирішення питань додаткових робіт, год.	2	2
26	tA_S	Середній час постачання запасних частин категорії A з власного складу, год.	0,15	0,15
27	tB_S	Середній час постачання запасних частин категорії B з регіонального складу, год.	6	6
28	tC_S	Середній час постачання запасних частин категорії C від виробника, год.	312	168
29	α	Частка запасних частин категорії A , що постачаються з власного складу	0,7	0,7
30	β	Частка запасних частин категорії B , що постачаються з регіонального складу	0,24	0,25
31	γ	Частка запасних частин категорії C , що постачаються від виробника	0,06	0,05
32	$T_{\text{зч}} = f_{15}(X)$	Час, витрачений на пошук та доставку запасних частин, год.	20,27	10,01
33	$\text{Ц}_T = f_{16}(X)$	Ціна одиниці часу, грн/год.	119	300
34	D	Дохід автосервісу протягом року, грн	8595600	15115464
35	$ЗВ$	Загальні витрати автосервісу протягом року, грн	5614200	9647599
36	$B_{\text{кл}}$	Витрати клієнтів, що пов'язані з отриманням послуг, протягом року, грн	3117,23	2739,06
37	$E_{\text{ф}}$	Соціально-економічна ефективність	2981400	5467865

За умови значень показників в табл. 5.3 для спеціалізованого АСП $\Delta E_{\phi} = 2486465$ грн. Аналіз приросту соціально-економічної ефективності підтвердив доцільність здійснення оптимізаційних робіт для спеціалізованої системи на макрорівні.

5.5 Висновки до розділу 5

Досліджено вплив характеристик функціонального елементу «АСП» на величину коефіцієнта якості виконання технологічних процесів на АСП різних типів. Результати дослідження коефіцієнту якості від окремих комбінацій параметрів функціонального елементу «АСП» показали, що при низькому та середньому рівнях забезпеченості персоналом рівень якості технологічних процесів має більш нестійкий характер та збільшується при збільшенні індексу термів форми організації виробництва.

Показано взаємозалежний вплив характеристик функціонального елемента АСП на показник якості технологічних процесів окремих підприємств та визначено умови досягнення максимального його значення. Тобто, за результатами комп'ютерного експерименту було виявлено, що:

- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,745$ на пунктах ТО необхідно мати індивідуальну форму організації підприємства >12 постів, при цьому мати високий рівень забезпеченості персоналом;
- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,73$ в авторемонтних майстернях необхідно забезпечити дільнично-постову форму організації підприємства, > 12 постів та високий рівень забезпеченості персоналом;
- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,68$ на СТО повинна бути постова форма організації зі спеціалізованим обладнанням, 12 та більше постів, та високий рівень забезпеченості персоналом;
- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,74$ на авторизованому СТО повинна бути дільнично-постова форма організації, 12 та більше постів та високий рівень забезпеченості персоналом;

- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,73$ на спеціалізованому АСП потрібно організувати дільнично-постову форму організації, 12 постів та високий рівень забезпеченості персоналом;

- для забезпечення коефіцієнту якості $K_{\text{я}} = 0,79$ на комплексному АСП необхідно мати дільнично-постову форму організації, потужність 11 постів, надлишковий рівень забезпеченості персоналом.

За результатами досліджень впливу характеристик функціонального елемента «Автомобілі» визначено, що при обслуговуванні автомобілів незалежно від повної маси з різними типами енергетичних установок прогнозується збільшення $K_{\text{я}}$:

- для пунктів ТО на 1,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 2,0 %;
- для незалежних СТО на 24,2 %;
- для авторизованих СТО на 3,6 %;
- для спеціалізованих АСП на 0,6 %.

При обслуговуванні автомобілів повною масою до 3,5 т для комплексних АСП більш пріоритетним, з точки зору забезпечення якості виконання технологічних процесів, є надання автосервісних послуг власникам автомобілів з бензиновими та дизельними енергетичними установками. В даному випадку рівень якості технологічних процесів зростає на 0,8 %.

Виходячи з аналізу змін коефіцієнту якості виконання технологічних процесів від повної маси автомобілів у сполученні з віком автомобілів, що обслуговуються, можна зробити наступний висновок. Для всіх типів АСП за умови виконання послуг власникам автомобілів віком до 3 років, незалежно від їх повної маси, прогнозується збільшення $K_{\text{я}}$:

- для пунктів ТО на 7,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 3,6 %;
- для незалежних СТО на 15,5 %;
- для авторизованих СТО на 5,2 %;
- для спеціалізованих АСП на 8,2 %;

- для комплексних АСП на 1,4 %.

Для всіх типів АСП за умови виконання послуг власникам автомобілів віком до 3 років для всіх типів енергетичних установок прогнозується збільшення K_d :

- для пунктів ТО на 4,0 %;
- для авторемонтних майстерень на 2,8 %;
- для незалежних СТО на 19,8 %;
- для авторизованих СТО на 0,5 %;
- для спеціалізованих АСП на 8,4 %;
- для комплексних АСП на 0,2 %.

Виходячи з аналізу впливу всіх комбінацій параметрів функціональних елементів «АСП» та «Автомобілі» з параметром, що характеризує функціональний елемент «Середовище» (рівень доходу власників транспортних засобів) можна стверджувати, що мінімальний рівень якості робіт буде отримано при обслуговуванні клієнтів з низьким та середнім доходом.

Оптимальна якість ремонту та ТО досягається при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим рівнем доходу.

При максимальних показниках якості виконаних робіт для клієнтів з середнім та високим доходом залучається більша кількість кваліфікованих кадрів, що сприяє вирівнюванню якості при обслуговуванні як клієнтів з середнім та високим рівнями доходу, так і клієнтів лише з середнім доходом.

Таким чином, можна зробити узагальнюючий висновок, що орієнтація на клієнтів з високим доходом важлива для більш малих підприємств автосервісу, таких як пункти ТО та авторемонтні майстерні. При збільшенні масштабу підприємства до СТО та відповідно розширюючи перелік пропонованих послуг спектр клієнтів збільшується. Для комплексних АСП важливу роль відіграє масштаб АСП: для невеликих комплексних підприємств оптимальними клієнтами є клієнти з високим доходом, для більш масштабних за потужністю, рівнем трудових ресурсів, широтою спектру автомобілів, що обслуговуються, максимальна якість отримано для клієнтів з різними рівнями доходу.

Авторизованим АСП та спеціалізованим АСП доцільно спрямовувати бізнес автосервісу на терм, що відповідає власникам ТЗ з середнім та високим доходом.

Найменші значення показника якості на АСП досягається при обслуговуванні лише клієнтів з низьким та середнім доходом.

Вплив функціонального елементу «Середовище» на динаміку показника якості не може розглядатись окремо від інших параметрів системи автосервісу та обов'язково повинен бути врахований лише в комбінації з параметрами функціонального елементу «АСП».

Розроблено методику розрахунку соціально-економічної ефективності роботи системи автосервісу, що враховує п'ятнадцять морфологічних ознак її функціональних елементів. За критерій соціально-економічної ефективності роботи системи обрано прибуток автосервісу протягом року.

Результати апробації для спеціалізованого ТОВ АНТ-АВТО-СЕРВІС м. Черкаси свідчать про доцільність оптимізації роботи даного підприємства. Прогнозується, що річна ефективність автосервісу зросте на 2486465 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 суттєві морфологічні ознаки функціональних елементів системи: «АСП», «Автомобілі», «Середовище». Сполучення різних варіантів реалізації морфологічних ознак дає можливість сформувати $5,57384 \cdot 10^{11}$ станів структури системи автосервісу.

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 працездатного стану 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 від 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головний сервісний центр МВС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://texty.org.ua/cars/>.
2. <https://www.autocentre.ua/avtopravo/avtobiznes/stal-izvesten-voznrast-ukrainskogo-avtoparka-infografika-41960.html>
3. Буренніков Ю.Ю. Стратегічні засади розвитку та підвищення конкурентоспроможності станцій технічного обслуговування автомобілів у сучасних умовах господарювання [Електронний ресурс] / Ю.Ю. Буренніков // ВІСНИК ЖДТУ. Житомир. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: Access Mode: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2683/4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
4. Погорелов М.Г. Оптимізація потужності і розміщення автосервісних підприємств на основі сегментації ринку послуг / М.Г. Погорелов, О.М. Ларін, О.І. Субочев // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр.Серія: Машиноприладобудування та транспорт. — Севастополь. – 2011. – С. 106 –109.
5. Рудковський О. В. Планування розвитку автосервісного комплексу / О. В. Рудковський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – №5. – С. 223 –227.
6. Юськів Б.М. Аналіз внутрішнього потенціалу автосервісного підприємства в рамках логістичної концепції / Б.М. Юськів, В.М. Юськів // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2015. – №52. – С. 84 –94.
7. Авторинок: підсумки минулого року та прогнози на 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://groshi-v-kredit.org.ua/avtorynok-pidsumky-mynuloho-roku-ta-prohnozy-na-2015-j.html>
8. Марков О. Д. Незалежний автосервіс: аналіз стану та перспективи розвитку / О. Д. Марков, М. М. Дронь. // Вісник ЖДТУ. – 2012. – №3. – С. 128–136.
9. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України:

рекомендації / М. В. Молодик, А. М. Моргун, Л. І. Шаповал та ін.]. // Київ: ННЦ ІМЕСГ, ХДТУСГ. – 2005. – 172 с.

10. Формування процесу прогнозування попиту на автосервісні послуги / М. Г. Погорелов, С. М. Мастепан, О. І. Субочев та ін.]. // Вісник СевНТУ: зб. наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – №135. – С. 240–243.

11. Ринок послуг автосервісу України 2010 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://autoshkola.net/articles/article-16/> 16.

12. Денисенко М. П. Організація та проектування логістичних систем / М. П. Денисенко, П. Р. Левковець, Л. І. Михайлова та ін. // К.: Центр учбової літератури. – 2010. – 336 с.

13. Весперіс С. Особливості формування і управління якістю послуг [Електронний ресурс] / С. Весперіс – Режим доступу до ресурсу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/29486/3/Vesperis_quality.pdf;jsessionid=D603636410C7D726D82C959CD4B41EEB.

14. Бандура А.І. Стохастична модель виробничої системи підприємства автосервісу / А.І. Бандура, О.М. Григоришин. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – №1. – С. 4–10.

15. Савін Ю.Х. Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. Луцьк: Луцький НТУ. – 2016. – №2. – С. 130–138.

16. Курнікова І.П. Виробничі системи на транспорті: Навч. посібник / І.П. Курнікова // К.: ІЗМН. – 1999. – 181 с.

17. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорту (на примірі автомобільного транспорту) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко // Харків: РІО ХГАДТУ. – 1998. – 255 с.

18. Дмитриченко М. Ф. Формування технологічного потенціалу авторемонтного виробництва / М. Ф. Дмитриченко, О. П. Левківський. //

Київ, Вісник Національного транспортного університету. – 2013. – №27. – С. 3–8.

19. Канарчук В.Є. Виробничі системи на транспорті: Підручник / В.Є. Канарчук, І.П. Курніков // К.: Вища шк. – 1997. – 359 с.

20. Клейнер Б.С. Особенности функционирования региональных автотранспортных систем / Б.С. Клейнер // Москва. – 1980. – С. 9–24.

21. Конырев В. Опыт централизации управления ТО и ТР в регионе. // Автомобильный транспорт / В. Конырев // М.: Транспорт. – 1983. – №3. – С. 23–24.

22. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: Учеб. пособие / Е.С. Кузнецов // Москва. – 1997. – 177 с.

23. Огневий В.О. Формування напрямів трансформаційних змін на підприємствах автомобільного транспорту: дис. канд. екон. Наук : /В.О. Огневий // Вінниця.– 2017. – 231 с.

24. Сахно Є.Ю. Менеджмент сервісу: теорія та практика: навч. посібник / Є.Ю. Сахно, М.С. Дорош, А.В. Ребенок // К.: Центр навчальної літератури. – 2010. – 328 с.

25. Курнікова І.П. Технологічне проектування підприємств автосервісу: навч. посібник / І.П. Курнікова // К.: Видавництво «Іван Федоров». – 2003. – 262 с.

26. Настанови щодо програм якості (ISO 10005:2005, IDT) ДСТУ ISO 10005:2007 / Національний стандарт України / наказ Держспоживстандарту України від 3 вересня 2007 р. № 209 з 2008–01–01 - 21 с.

27. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

28. ISO 9004:2009 ДСТУ ISO 9004:2012 Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=41014.

29. ISO 19011:2011 ДСТУ ISO 19011:2012 Настанови щодо здійснення аудитів систем управління [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.trainings.ua/article/5674.htm>.
30. Про екологічну експертизу [Електронний ресурс]: Закон від 09.02.1995 №45/95-ВР / Верховна Рада України. – Режим доступу: [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/45/95- %D0%B2%D1%80](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80).
31. Неретина Т. Г. Организация сервисной деятельности / Т. Г. Неретина // М.: ФЛИНТА. – 2014. – 102 с.
32. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей / О.Д. Марков // К.: Кондор. – 2008. – 536 с.
33. Андрусенко С. І. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу : [монографія] / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук // К. : Кафедра. – 2014. – 328 с.
34. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Організація, планування й управління / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. // Київ, Україна: Вища шк. – 1994. – 383 с.
35. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов. / В.И. Сарабаев, С.С. Селиванов, В.Н. Коноплев, Ю.Н. Демин. // Ростов н/Д, Россия: Феникс. – 2004. – 448 с.
36. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління / О.А. Лудченко // Київ, Україна: Знання. – 2004. – 478 с.
37. Royer-Torney M. “A Reference Model for Analysing Automotive Service Formats / M. Royer-Torney, C. Mennenga. // CIRP IPS2 Conf. Herrmann Institute of Machine Tools and Production Technology, Braunschweig, Germany. – 2010. – С. 355–362.
38. The relationbetween after-sales services and entrepreneurial opportunities: Case study of Iran-Khodro Company. [Електронний ресурс] / S.M. Khaksar, K. Nawaser, A.F. Jahanshahi, A. R. Kamalian // African Journal of Business

Management, 5(13), 5152–5161. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: DOI:10.5897/AJBM10.1226. URL:

https://www.academia.edu/1470063/The_relation_between_after-sales_services_and_entrepreneurial_opportunities_Case_study_of_Iran-Khodro_Company.

39. McMurrin, R.C. Building customer value and profitability with business ethics [Электронный ресурс] / R.C. McMurrin, E. Matulich // Journal of Business & Economics Research, 4(1111), 11–18. – 2006. – Режим доступа до ресурсу: Doi: <https://doi.org/10.19030/jber.v4i11.2710>. URL:

<https://clutejournals.com/index.php/JBER/article/view/2710>.

40. Baffour-Awuah E. Service Quality in the Motor Vehicle Maintenance and Repair Industry: A Documentary Review [Электронный ресурс] / Emmanuel Baffour-Awuah // International Journal of Engineering and Modern Technology ISSN 2504-8856 4(1), – 2018. – Режим доступа до ресурсу: https://www.academia.edu/37280065/Service_Quality_in_the_Motor_Vehicle_Maintenance_and_Repair_Industry_A_Documentary_Review.

41. Velimirović D. Automotive maintenance quality of service influencing factors [Электронный ресурс] / D. Velimirović, Č. Duboka, P. Damjanović // Tehnicki Vjesnik, 23, 1–8. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: doi: 10.17559/TV-20140402074657. <http://www.iiard.com/index.php/IJEMT/article/view/1130>.

42. Oliva R. Managing the transition from products to services [Электронный ресурс] / R. Oliva, R. Kallenberg // International Journal of Service, 14(2), 160–172. – 2003. – Режим доступа до ресурсу: URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.6220&rep=rep1&type=pdf>.

43. Stevanović I. Setting the after sales process and quality control at car dealerships to the purpose of increasing clients' satisfaction [Электронный ресурс] / I. Stevanović, D. Stanojević, A. Nedić // Journal of Applied Engineering Science, 11, 81–88.. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: doi:10.5937/jaes11-3821.

44. Tse, D. Models of Consumer Satisfaction: An Extension [Електронний ресурс] / D.Tse, Wilton, P // Journal of Marketing Research, 25(2), 204–212. – 1988. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.jstor.org/stable/3172652?seq=1>.
45. В.А. Кищун Сучасний стан та перспективи автосервісу в Україні [Електронний ресурс] / В.А. Кищун, Ю.С.Корольчук // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". – Луцьк, Випуск №26, 2009. - С.129-133. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: Access Mode: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Nn_2009_26_26.pdf.
46. Кардаш В.Я. Стандартизация и управление качеством продукции. / В.Я. Кардаш // К.: Вища школа. – 1985. – 189 с.
47. Фадеева Н.В. Методология оценки качества услуг / Н.В. Фадеева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – №2. – С. 484–489.
48. Фадеева Н.В. Элементы и процессы служебной системы, определяющие ее качество / Н.В. Фадеева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – №1. – С. 262–269.
49. Салимова Т.А. Управление качеством: учеб. по специальности Менеджмент организации / Т.А. Салимова // М.: Омега-Л. – 2014. – 414 с.
50. Нелидова А.А. Совершенствование системы управления качеством социальных услуг / А.А. Нелидова // Известия СПбУЭФ.. – 2013. – №2. – С. 115-117.
51. Протасова Л. Г. Управление качеством в сфере услуг / Л.Г.Протасова, О.В. Плинка // Екатеринбург: Изд-во УГЭУ. – 2015. – 176 с.
52. Разумов В.А. Управление качеством: учебное пособие / В.А. Разумов // М.: Омега-Л. – 2013. – 208 с.
53. Калашнік І. І. Оцінка ефективності управління якістю продукції на промислових підприємствах / І.І. Калашнік // Економіка та держава. – 2008. – №9. – С. 75–78.

54. Каліта Т. Три рівні зрілості системи управління / Т. Каліта // Стандартизація, сертифікація. – 2010. – №5. – С. 57–62.
55. Мазур И. И. Управление качеством / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро // М.: Финансы. – 2010. – 324 с.
56. Кахович Ю. О. Контроль якості продукції підприємства в умовах сучасної економіки / Ю.О. Кахович, К.С. Янко. // Науковий вісник НГУ. – 2011. – №1. – С. 123–127.
57. Безродна С. М. Управління якістю : навч. посіб. для студентів економічних спеціальностей / С.М. Безродна // Чернівці: ПВКФ «Технодрук». – 2017. – 174 с.
58. Білецький Е. В. Управління якістю продукції та послуг / Е.В.Білецький, Д.А. Янушкевич, З.Р. Шайхлісламов // Харків. торгов.-економ. інститут КНТЕУ- Х. : ХТЕІ. – 2015. – 222 с.
59. Бугрім О. Ю. Витрати промислових підприємств на впровадження системи управління якістю продукції / О.Ю. Бугрім // Держава та регіони. – 2011. – №2. – С. 129–134.
60. Єськов П.О. Українська асоціація якості – запорука якості в Україні / П.О. Єськов // Факти. – 25.10.2005р. – С.3-4.
61. Ильенкова С.Д. Инновационный менеджмент. Учебник / С.Д. Ильенкова, Л.М. Гохберг, С.Ю. Ягудин // М.: Банки и биржи, ЮНИТИ. – 1997. – 456 с.
62. Зорин Ю.В. Качество технологической документации при подготовке предприятий к сертификации / Ю.В. Зорин, В.Т. Ярыгин // Стандарты и Качество. – 1996. – 95 с.
63. Крылова Г. Д. Зарубежный опыт управления качеством / Г.Д.Крылова // М: Издательство стандартов. – 1992. – 298 с.
64. Тарандушка Л. А. Трирівнева модель системи менеджменту якості автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костян. // Всеукр. Наук.-практ. Конф. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. – 2018.– С. 65-67.

65. 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. – 83 с.

66. Hossain M. S. Improvement of Service Quality at Automobile Workshop in Bangladesh [Електронний ресурс] / M. S. Hossain, A. Zahid, R. J. Hoque // Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/320271596_Improvement_of_Service_Quality_at_Automobile_Workshop_in_Bangladesh.

67. Katarne R. Measurement of Service Quality of an Automobile Service Centre [Електронний ресурс] / R. Katarne, S. Sharma, J. Negi. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.iieom.org/paper/Final%20Paper%20for%20PDF/184%20Sayendra%20Sharma.pdf>.

68. Velimirović D. Automotive maintenance quality of service influencing factors [Електронний ресурс] / D. Velimirović, Ї. Duboka, P. Damnjanović. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.semanticscholar.org/paper/Automotive-maintenance-quality-of-service-factors-Velimirović-Duboka/f96f53c3769e8ae7d39bf24757420a9508cac99b>.

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

70. Марков О.Д. «Критерії та показники ефективності автосервісу» [Електронний ресурс] / О.Д. Марков, П.О. Марков. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:]. Available: [www.irbis-nbuv.gov.ua > cgi-bin > cgiirbis_64](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/cgiirbis_64). Accessed on December 25, 2019.

71. 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. – С. 116–122.

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

73. Конспект лекцій з дисципліни «Організація автосервісу» освітньопрофесійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 274 „Автомобільний транспорт” / Укл.: к.т.н., доц. В.С. Авер'янов // Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2017 р. – 70 с.

74. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності», «Технічному регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів» від 22.03.17 р.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/643-2013-%D0%BF>.

75. Лебединець В.О. Документування внутрішніх аудитів (самоінспекцій) фармацевтичних систем якості / В.О. Лебединець // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2012. – №4(24). – С. 32–37.

76. Лебединець В. О. Формування Систем управління якістю в державних лабораторіях з контролю якості лікарських засобів / В.О.Лебединець, С.М. Коваленко, А.В. Бурсаков, Н.В. Зубарева // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2011. – №1. – С. 4–11.

77. Кіндрацька Г. І. Стратегічний менеджмент / Г. І. Кіндрацька // К. : Знання. – 2006. – 366 с.

78. Миротин Л.Б. и др. Управление автосервисом: учебное пособие для вузов / Л.Б. Миротин и др.. // М: Экзамен. – 2013. – 593 с.

79. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами. Учебное пособие/ МАДИ (ТУ) / Е.С. Кузнецов // М.:Моск.автом-дорожн.ин-тут. – 1998. – 202 с.

80. http://www.rusnauka.com/46_PWMN_2015/Economics/10_205074.doc.htm.

81. Kwok Kei TONG. Improving technical quality in repair service to achieve customer satisfaction in automotive after-sales service [Електронний ресурс] / Kwok Kei TONG – Режим доступу до ресурсу: [https://scholars.cityu.edu.hk/en/theses/improving-technical-quality-in-repair-service-to-achieve-customer-satisfaction-in-automotive-aftersales-service\(6a619315-cd74-40e4-bcdf-0d7c52f39f20\).html](https://scholars.cityu.edu.hk/en/theses/improving-technical-quality-in-repair-service-to-achieve-customer-satisfaction-in-automotive-aftersales-service(6a619315-cd74-40e4-bcdf-0d7c52f39f20).html).
82. Уваров С. А. Логистика: общая концепция, теория, практика / Уваров С. А. // СПб.: Инвест-НП – 1996. – 232 с.
83. Майер В.В. Разработка методов оценки технологий и выбора рациональных вариантов технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.10 / В.В. Майер – М.: МАДИ, 1990. – 18 с.
84. Методика выбора организационно-технологических форм развития ПТБ. – М.: НИИАТ, 1986. – 66 с.
85. Марков О.Д. Організація автосервісу / О.Д. Марков // Львів : Оріяна-Нова. – 1998. – 332 с.
86. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук // К. : «Медін-форм». – 2017. – 212 с.
87. Калашян А. Н. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии / А.Н.Калашян, Г.Н. Калянов // Финансы и статистика. – 2003. – 256 с.
88. Бугайчук О. С. Поліпшення діяльності підприємств автосервісу на основі оптимізації виробничих процесів : дис. канд. техн. Наук : 05.22.20 / О. С. Бугайчук / О.С. Бугайчук // К. : НТУ. – 2010. – 207 с.
89. Fundamentals of Fuzzy Logic Control – Fuzzy Sets, Fuzzy Rules and Defuzzifications [Електронний ресурс] / Bai, Ying, Wang, Dali // Advances in Industrial Control, 17–36. doi: 10.1007/978-1-84628-469-4_2. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84628-469-4_2
90. Świdorski A. Operational quality measures of vehicles applied for the transport services evaluation using artificial neural networks [Електронний ресурс] /

A. Świdorski, A. Józwiak, R. Jachimowski // *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 20 (2), 292–299. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2018.2.16>. URL: https://www.researchgate.net/publication/323994342_Operational_quality_measures_of_vehicles_applied_for_the_transport_services_evaluation_using_artificial_neural_networks.

91. Martínez J.A. An Application of Fuzzy Logic to Service Quality Research: A Case of Fitness Service [Електронний ресурс] / J.A. Martínez, Yong Jae Ko, Laura Martínez // *Journal of Sport Management*, 24(5), 502-523.. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: doi: 10.1123/jsm.24.5.502. URL: https://www.researchgate.net/publication/288642884_An_Application_of_Fuzzy_Logic_to_Service_Quality_Research_A_Case_of_Fitness_Service.

92. 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. – №4. – С. 36–39.

93. 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.

94. Johnston R. The determinants of service quality: satisfiers and dissatisfiers [Електронний ресурс] / R. Johnston // *International Journal of Service Industry Management*. 6, 5(1995), pp. 53-71.. – 1995. – Режим доступу до ресурсу: DOI: 10.1108/09564239510101536.

95. Bouman M. Measuring Quality of service in the Car Service Industry: Building and Testing an Instrument [Електронний ресурс] / M. Bouman, T.V.Wiele // *International Journal of Service Industry Management*. 3, 4(1992), pp. 4-16. – 1992. – Режим доступу до ресурсу: DOI: 10.1108/09564239210019441.

96. Savino M.M. A quality management system based on fuzzy quality pointers in ISO 9000 [Електронний ресурс] / М.М. Savino, A. Seklouli Sekhari // International Journal of Product Development, 8(4), 419–430. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: doi: 10.1504/IJPD.2009.025255. https://www.researchgate.net/publication/47463335_A_quality_management_system_based_on_fuzzy_quality_pointers_in_ISO_9000.
97. Л.К. Конышева. Основы теории нечетких множеств / Л.К. Конышева, Д.М. Назаров // СПб: Питер. – 2011.
98. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев та ін. // М.: Радио и связь. – 1989. – 304 с.
99. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин // Тюмень: Тюменский государственный университет. – 2000. – 352 с.
100. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Електронний ресурс] / С.Д. Штовба – Режим доступу до ресурсу: URL: http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm.
101. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн // Винница : Універсум-Вінниця. – 1999. – 320 с.
102. Лялин В.Е. Нечеткий и дифференциальный подходы к моделированию интеллектуального капитала организации / В.Е. Лялин, А.Д.Воловник // Искусственный интеллект. – 2006. – №3. – С. 429–435.
103. Круглов В. В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов // М.: Физматлит. – 2001. – 221 с.
104. Корбутяк В.І. Методологія системного підходу та наукових досліджень: Навчальний посібник / В.І. Корбутяк // Рівне: НУВГП. – 2010. – 176 с.
105. Білуха М.Т. Методологія наукових досліджень: Підручник. / М.Т.Білуха // К.: АБУ. – 2002. – 480 с.

106. Стеченко Д.М. Методологія наукових досліджень: Підручник / Д.М.Стеченко // К.: Знання.2005. – 309 с.
107. Buckley J.J. The fuzzy mathematics of finance [Електронний ресурс] / J.J. Buckley, T.V. Wiele // Fuzzy Sets and Systems, 21, pp. 257–273. – 1987.
108. Chui Y.C. Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion [Електронний ресурс] / Y.C. Chui, S.P. Chan // Engineering Economist, 39, pp. 113–138. – 1994.
109. Kuchta D. Fuzzy capital budgeting / D. Kuchta // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – №111. – P. 367–385.
110. Kahraman C. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows / C. Kahraman, D. Ruan, E. Tolga // Information Sciences, 142, pp. 57–76. – 2002.
111. Huang X. Optimal project selection with random fuzzy parameters [Електронний ресурс] / X. Huang // Int. J. Production Economics, 106, pp. 513–522. – 2007.
112. Lai Y.J. Possibilistic linear programming for managing interest rate risk / Y.J. Lai, H.C. Lai // Fuzzy Sets and Systems. – 1993. – №54. – P. 135–146.
113. Fuzzy to Quality: A practical application of ISO 25000 (SQuaRE) [Електронний ресурс] / Chau, Sen Shia, Shia, Khaohun // ISO 9000 and Fuzzy Logic, 1–11. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/331984770_Fuzzy_to_Quality_A_practical_application_of_ISO_25000_SQuaRE_ISO_9000_and_Fuzzy_Logic
114. A Fuzzy Optimization Model for Supply Chain Production Planning with Total Aspect of Decision Making [Електронний ресурс] / Hamid, Reza Feili, Mojdeh, Hassanzadeh Khoshdooni // The Journal of Mathematics and Computer Science, 2(1), 65–80.. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: doi: 10.22436/jmcs.002.01.08. URL: https://www.researchgate.net/publication/233971829_A_Fuzzy_Optimization_Model_For_Supply_Chain_Production_Planning_With_Total_Aspect_Of_Decision_Making.

115. Fuzzy Logic Techniques used in Manufacturing Processes Reengineering [Електронний ресурс] / Cioca, Lucian Ionel, Breaz та ін.] // Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimization, (SMO 2006), 530–533. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: URL: https://www.researchgate.net/publication/262399693_Fuzzy_logic_techniques_used_in_manufacturing_processes_reengineering.

116. A fuzzy logic based approach to explore manufacturing system changeability level decisions [Електронний ресурс] / [E. Francalanza, Borg, C.Jonathan, та ін.]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/82363582.pdf>.

117. А.С. Карпенко. Минимальные модели для нечеткой алгебры типа 2 / А.С. Карпенко, В.И. Шалак. // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН 1996. – 1997. – 205 с.

118. Ремезова Е.М. Нечеткие множества второго порядка: понятие, анализ и особенности применения [Електронний ресурс] / Е.М. Ремезова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10506> (дата обращения: 17.09.2020).

119. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. Посіб. Для студентів ВНЗ / 80. М.Ф. Дмитриченко, В.П. Матейчик, О.К.Грищук, М.П. Цюман. // кийв, НТУ. – 2014. – 163 с.

120. Берталанфи Л. Общая теория систем – обзор проблем и результатов / Л. фон. Берталанфи // Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука. – 1969. – С. 30–34.

121. Лугінін О.Є. Економетрія : [підручник] / вид. 2-ге, допов. та перероб / О.Є. Лугінін // К.: Центр учбової літератури. – 2008. – 278 с.

122. Роїк О. М. Системний аналіз. Навчальний посібник / О.М. Роїк, А.А.Шиян, Л.О. Нікіфорова. // Вінниця : ВНТУ. – 2015. – 83 с.

123. 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.
124. 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.
125. Дудник І. М. Вступ до загальної теорії систем / І.М. Дудник // - К.: Кондор. – 2009. – 205 с.
126. Лесечко М.Д. Основи системного підходу: теорія, методологія, практика: Навч. посіб / М.Д. Лесечко // Львів: ЛРІДУ УАДУ. – 2002. – 300 с.
127. М. Ф. Дмитриченка. Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. Кн. 1: Основи теорії систем і управління // М.Ф. Дмитриченка. // К.: Знання України. – 2005. – 344 с.
128. Н. Б. Чорней. Теорія систем і системний аналіз: [навч. посібник] / Н.Б. Чорней, Р.К. Чорней. // Київ.: МАУП. – 2005. – 256 с.
129. 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 В / Л.А.Тарандушка, І.П. Тарандушка // Черкаси: Східноєвропейський університет економіки та менеджменту. – 2015. – С. 177–179.
130. 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.
131. Волкова В. Н. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В.Н. Волкова // М.: Радио и связь. – 1983. – 248 с.

132. 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.
133. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие / Е.С. Кузнецов // М.: МАДИ. – 1997. – 127 с.
134. Марков О. Д. Автосервис: Рынок, автомобиль, клиент / О.Д. Марков // М.: Транспорт. – 2002. – 143 с.
135. Петроченков С. Н. Исследование основных направлений развития автосервиса и совершенствование его работы в новых экономических условиях. Автореферат диссертации. – М. : 1991 . – 25 с.
136. Ряховский А.А. Новый подход к анализу развития рынка предприятий автосервиса / А.А. Ряховский // Наука индустрии сервиса. Материалы Всероссийской научно-практической конференции., М.: МГУ сервиса. – 2002.
137. 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.
138. Системний аналіз інформаційних процесів: Навч. посіб / В.М. Варенко, І.В. Братусь, Дорошенко В. С. та ін.]. // 2013. – 203 с.
139. Системний аналіз інформаційних процесів: Навч. посіб. / [В.М. Варенко, І.В. Братусь, В.С. Дорошенко та ін.]. – Київ: Університет “Україна”, 2013. – 203 с.
140. Безбородова Г.Б. Моделирование движения автомобиля / Г.Б.Безбородова, В.Г. Галушко // Киев: Вища школа. – 1978. – 168 с.
141. Шльончак І.А. Застосування біогазу в дизелях в умовах пасажирських перевезень / І.А. Шльончак, А.П. Солтус, Л.А. Тарандушка // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»: тези доповідей. –

м.Херсон – Херсонська державна морська академія. – 13-14 вересня. – 2018. – С. 104–105.

142. Тарандушка Л.А. Розширення функцій багажника легкового автомобіля / Л.А. Тарандушка, О. В. Батраченко // Матеріали VII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” 8-10 квітня. – 2019. – С. 125–126.

143. Рябчинский А.И. Методология системного подхода в исследованиях вопросов обеспечения пассивной безопасности / А.И. Рябчинский // Автомобильная промышленность. – 1977. – №5. – С. 14–15.

144. 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. – С. 95–102.

145. Серов А.В. Актуальные проблемы развития диагностики в системе управления техническим состоянием машин, эффективностью и качеством их работы / А.В. Серов // Тезисы докладов и сообщений Всесоюзной научной конференция по диагностике и прогнозированию технического состояния подвижног – Харьков. – 1980. – С. 24–26.

146. 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.

147. Оптимізація виробничої структури підприємства автосервісу / С.М.Мастепан, М.А. Мастепан, В.С. Кузьмін, І.Л. Іванов // Збірник наукових праць ДонНАБА, Випуск №1. – 2015. – С. 85–90.

148. 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.

149. Оптнер С.Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных задач / С.Л. Оптнер // М.: Советское радио. – 1969. – 216 с.
150. Тарандушка Л.А. Побудова функціональної моделі автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – №1. – С. 333–340.
151. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises [Електронний ресурс] / L. Tarandushka, V. Mateichyk, N. Kostian та ін.] // Eastern-European journal of enterprise technologies 2/3 (104), pp. 58-75. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: DOI:10.15587/1729-4061.2020.200332.
152. 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.
153. Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств / Л.А.Тарандушка, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, В.В. Біліченко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(11). – С. 133-139.
154. 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.
155. 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 transport samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki: wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – Р. 91–99.
156. Бакан Г.М. Вступ до теорії експертних систем та баз знань / Г.М.Бакан // К. : Київський університет. – 2005. – 90 с.
157. Говорущенко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта: Учебное пособие / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев // Харьков: ХГАДТУ. – 2001. – 271 с.

158. Управление автосервисом / Л.Б. Миротин, А.А. Ряховский, М.Ю.Останенко та ін.]. // М.: Экзамен. – 2004. – 320 с.
159. Оптимізація виробничої структури автосервісу / О.Д. Марков, А.В.Ковальов, А.П. Скиба, О.О. Приз // Науково-технічний збірник Вісник національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» Київ, НТУ. – 2016. – №1. – С. 247–254.
160. Субочев О.І. Підвищення ефективності виробництва автосервісних підприємств на основі пріоритетів транспортного процесу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.І. Субочев, 2001. – 18 с.
161. Матейчик В.П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів / В.П. Матейчик. // Харків Вісник НТУ«ХПІ». – 2002. – №7. – С. 162–167.
162. Одрин В.М. Морфологический анализ систем. Построение морфологических матриц / В.М. Одрин, С.С. Картавов // К.: Наукова думка. – 1977. – 183 с.
163. Грицук І. В. Комплексний комбінований прогрів: системний підхід до формування схем забезпечення оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації / І.В. Грицук // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – №10. – С. 95–101.
164. Грицук І. В. Системний підхід до проектування і дослідження комплексних систем комбінованого прогріву ДВЗ Збірн. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ / І.В. Грицук // Донецьк: ДонІЗТ. – 2012. – №30. – С. 106–117.
165. Романюк С.О. Розроблення системи критеріїв формування бачення і оцінювання успішності продукту і результату проекту регіонального партнерства організацій автомобільного транспорту в розвитку систем технічної підготовки парків автомобільних транспортних засобів / Матеріали III Міжнародної наук.-практ. конф. студ., аспір. та молод. вчених «Стан та перспективи розвитку соціально-економічних систем в епоху економіки знань», 24-26 квітня 2014 р. – Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2014. – С. 130-135.

166. Тарандушка Л.А. Моделювання аеродинаміки пристроїв заднього виду вантажних автомобілів / Тези Міжнародної науково-практичної конференції "Застосування сучасних систем автоматизованого проектування в конструкторській та дослідницькій практиці" / Л.А. Тарандушка, О.В.Батраченко Харків, ХНАДУ, 2019.

167. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / Таха Хемди А. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с. – (7-е издание: пер. с англ.).

168. Ложачевська О.М. Узагальнена класифікація послуг сучасного автосервісу [Електронний ресурс] / О.М. Ложачевська, Р.В. Григоренко // Економіка та управління підприємствами, Том 29 (68). № 2, С. 31-36. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: URL: http://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/29_68_2/9.pdf.

169. Коваль В. В. Моделювання мережної організації корпоративного управління бізнесом: монографія / В.В.Коваль, М.І. Башинська // О.: Бровкін О. В. – 2010. – 202 с.

170. Варналій З.С. Основи підприємництва: Навч. посіб / З.С. Варналій // К.: Знання-Прес. – 2002. – 239 с.

171. Пономаренко В. С. Теорія та практика моделювання бізнес-процесів: монографія / В.С. Пономаренко, С.В. Мінухін, С.В. Знахур // Х.: ХНЕУ. – 2013. – 243 с.

172. Демьяненко Ю.В. Обоснование концепции моделирования социального капитала предприятий сферы услуг / Ю.В. Демьяненко // Эффективная экономика. – 2012. – №10. – С. 233–236.

173. Бакурова А.В. Моделирование ценообразования в сфере услуг с учетом лояльности потребителей / А.В. Бакурова, Д.В. Очеретино. // Вестник Запорожского национального университета. – 2010. – С. 77–84.

174. Станкевич И.В. Моделирование бизнес-процессов предприятий сферы связи и информатизации с помощью unified modeling language-диаграмм / И.В. Станкевич, В.А. Тигарева. // Глобальные и национальные проблемы экономики. – 2014. – №2. – С. 713–719.

175. Иванченко Н.А. Семантическое моделирование технико-технологической функциональной составляющей экономической безопасности предприятия / Н.А. Иванченко // Актуальные проблемы экономики : Научный экономический журнал. – 2012. – №1. – С. 276–282.

176. О.О. Шаповалова. Моделювання попиту із залученням методів аналізу часових рядів / О.О. Шаповалова, Г.В. Солодовник, І.О.Татаров. // Комунальне господарство міст. Серія: економічні науки. - Харків. – 2016. – №127. – С. 10–14.

177. Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions, [Електронний ресурс] / I.Gritsuk, V.Volkov, V. Mateichyk та ін.] // SAE Technical Paper 2018-01-0024, 2018.– Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>.

178. Голубятніков В.Т. Функціональне моделювання процесів бізнес-планування і проектів: навч. посіб / В.Т. Голубятніков // Л.: ЛРІДУ НАДУ. – 2009. – 264 с.

179. Алексеев І.В. Моделювання інноваційного розвитку підприємства на стадії науково-технічної підготовки виробництва / І.В. Алексеев // Інновації: проблеми науки і практики: Монографія. Х.: ВД “ІНЖЕК”. – 2006. – С. 294–316.

180. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная, И.А. Цвиринько // М.: Финансы и статистика. – 2000. – 280 с.

181. Зубриський С.Г. Проблемы современного рынка автотехобслуживания / С.Г. Зубриський, В.В. Ломакин, К.Е. Карпухин // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. Научный журнал АВТОСЕРВИС. – 2008. – №2 (27). – С. 24–26.

182. Ю.Х. Савін. Рекомендації щодо доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко, С.О. Романюк. // Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ. – 2018. – №1. – С. 92–101.

183. Митко М.В. Удосконалення структури виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів / М.В. Митко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ. – 2018. – №6. – С. 104–110.
184. Посеренин С. П. Теоретические основы стратегий технического обслуживания машин и технологического оборудования. Автореферат диссертации : на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук / С. П. Посеренин – М.: МГУС, 2005. – 39 с.
185. Волгин В. В. Автосервис. Создание и компьютеризация / В. В.Волгин // Дашков и Ко Москва. – 2015. – 408 с.
186. Волгин В. В. Малый автосервис. Практическое пособие / В. В.Волгин // Дашков и Ко Москва. – 2013. – 564 с.
187. Грибут И.Э. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей / И.Э. Грибут, В.М. Артюшенко // М, «Альфа-М». – 2014. – 286 с.
188. Дубровский Д.Б. Автосервис. Советы владельцам и управляющим; Книга по Требованию / Д.Б. Дубровский // Москва. – 2014. – 256 с.
189. Напольский Т.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и систем технического обслуживания. Учебник для вузов / Т.М. Напольский // М.: МАДИ. – 2013. – 671 с.
190. Х.Ю. Эльдарханов. Система технической эксплуатации транспортных средств: Учеб. пособие / Х.Ю. Эльдарханов, Э. Х. Эльдарханов. // Пятигорск: ИЦ ИСИТ. – 2014. – 44 с.
191. Волгин В.В. Автомобильный дилер: практическое пособие по маркетингу и менеджменту сервиса и запасных частей / В.В. Волгин // М.: Ось-89. – 1997. – 224 с.
192. Панин А.В. Исследование вопросов оптимизации работы систем технического обслуживания и ремонта базовых предприятий автотранспортных объединений : дис. канд. техн. наук / А.В. Панин– Москва, 1991. – 160 с.

193. Петрова Е.В. Практикум по статистике транспорта: Учеб. пособие / Е.В. Петрова, О.И. Ганченко, И.М. Алексеева // М.: Финансы и статистика. – 2002. – 368 с.
194. Савін Ю.Х. Доцільність створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2016. – №1. – С. 424–429.
195. Марков О.Д. Критерії та показники ефективності автосервісу / О.Д.Марков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2013. – №12. – С. 110–116.
196. Васильева О.Е. Эффективность сервисного обслуживания продукции / О.Е. Васильева // М.: Экономика. – 2007. – 175 с.
197. Марков О.Д. Автосервис: Рынок, автомобиль, клиент / О.Д. Марков // М.: Транспорт. – 1999. – 270 с.
198. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов : учеб. пособие / И.В. Антохонова // Улан-Удэ : Издво ВСГТУ. – 2005. – 212 с.
199. Зенкин А. И. О математических методах прогнозирования / Зенкин А. И. // Москва. : [б. и.],. – 1987. – 90 с.
200. Ю.В. Кіндзерського Потенціал національної промисловості: цілі та механізми ефективного розвитку / Ю.В. Кіндзерського // К. : Ін-т екон. та прогнозів. НАН України. – 2009. – 928 с.
201. Жерейж Ж. И. Экономическая эффективность качества / Ж.И.Жерейж // Актуальные проблемы экономики. – 2002. – С. 47–49.
202. Рибалко Н.В. Маркетинговий аналіз ринку автосервісних послуг / Н.В. Рибалко // Вісник Донецького університету економіки та права. – 2013. – №2. – С. 180–183.
203. Компанець К.А. Імплементація маркетингової інформаційної системи в діяльність підприємств сфери послуг. Економічний аналіз : зб. наук. праць / К.А. Компанець // Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр

Тернопільського національного економічного університету “Економічна думка”. – 2018. – С. 231–235.

204. Креативний потенціал підприємства як чинник формування інноваційних технологічних процесів: [монографія] / О.Є. Кузьмін, С.В. Князь, В.Й. Жежуха, Н.В. Савіцька. // Львів: Видавництво «Тріада плюс». – 2012. – 464 с.

205. Егорова Н.Е. Автосервис. Модели и методы прогнозирования деятельности / Н.Е. Егорова, А.С. Модунов // М.: Экзамен., – 2002. – 314 с.

206. Пашук О.В. Маркетинг послуг: стратегічний підхід. Навч. Посібник / Пашук О.В. // – К.: ВД "Професіонал. – 2005. – 558 с.

207. Управление и организация в сфере услуг / К. Хаксевер, Б. Рендер, Р. Рассел, Р. Мендрик, СПб.: Питер. – 2012. – 952 с.

208. Смерічевська С.В. Логістична підтримка діяльності автосервісних підприємств / С.В. Смерічевська, М.В. Жаболенко // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки. – 2010. – №3. – С. 215–218.

209. Аналіз залежності рівня попиту послуг автосервісу від платоспроможності споживачів / М.А. Мастепан, Д.М. Мінаков, Т.В. Волобуєва, О.С. Каверін // ВосточноЕвропейский журнал передовых технологий. – 2012. – №3. – С. 2—27.

210. Чабанний В.Я. Тенденції розвитку виробничо-технічної бази автомобільного транспорту / В.Я. Чабанний, І.М. Осипов. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, – Кіровоград: КНТУ. – 2011. – №24. – С. 82–90.

211. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский // М.: Издательство «Статистика». – 1974. – 192 с.

212. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А.Поспелов // М.: Наука. – 1986. – 288 с.

213. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: [Учеб. пособие] / Ю.П. Сурмин // К.: МАУП. – 2003. – 368 с.
214. Крещенецкий В.Л. Разработка алгоритма моделирования работы предприятий / В.Л. Крещенецкий, С.В. Цымбал, Н.С. Семичаснова, М.О.Клименко // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ", Луцьк. – 2014. – №46. – С. 310 – 315.
215. Шарапов О.Д. Системний аналіз: [Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц.] / О.Д. Шарапов, В.Д. Дербенцев, Д.Є. Семьонов. – Київ: КНЕУ, 2003. – 154 с.
216. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем. / Т.Саати, К. Кернс // М.: Радио и связь. – 1991. – 224 с.
217. 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.
218. Каткова Т.И. Оценка важности показателей методом попарных сравнений при скаляризации векторного критерия / Т.И. Каткова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №2. – С. 62–68.
219. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми. / В.Є.Снитюк – Київ: Маклаут, 2008. – 364 с.
220. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский // Москва: Горячая линия – Телеком. – 2008. – 452 с.
221. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба – Москва: Горячая линия – Телеком. – 288 с.
222. Наконечний С.І. Економетрія / С.І. Наконечний, Т.О. Терещенко, Т.П. Романюк // Київ: КНЕУ. – 2004. – 520 с.

223. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г.М.Напольский // Москва: Транспорт. – 1993. – 271 с.

224. Оцінка викидів забруднюючих речовин в процесі технологічного циклу обслуговування транспортних засобів. / В.П. Матейчик, М.В. Половко, М. Смешек, С.В. Коломієць // Вісник Севастопольського національного технічного університету. Машино-приладобудування та транспорт. Севастополь: СевНТУ. – 2013. – №142. – С. 166 – 169.

225. Гуржій, Н.М. Оцінка логістичного потенціалу підприємства як основа вибору його логістичної стратегії. Глобальні та національні проблеми економіки / Н.М. Гуржій, А.І. Овчаренко // Миколаїв: Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського. – 2016. – №13. – С. 244–248. – Режим доступу до ресурсу: <http://global-national.in.ua/archive/13-2016/50.pdf>.

226. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А.С. Рыков // М.: Издательский Дом МИСиС. – 2009. – 608 с.

227. 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.

228. 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.

229. 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. – С. 146-153.

230. Свіницька О.М. Планування діяльності підприємства: Навч. посіб. / О.М. Свіницька // К.: Вид-во Європ. ун-ту. – 2004. – 232 с.

231. Тахтамышев Х.М. Методы оптимального технологического расчета автотранспортных предприятий / Х.М. Тахтамышев. – Киев: Вища школа, 1986. – 110 с.
232. Бережной В. И. Методы и проблемы управления материальными потоками микрологистической системы автопредприятия / В.И. Бережной, Е.В.Бережная // Ставрополь: Интеллект-сервис. – 1996. – 155 с.
233. Савельєва В.С. Організаційна поведінка: навчальний посібник для вищої школи / В.С. Савельєва // К.: Центр учбової літератури. – 2012. – 240 с.
234. Дубейковский В.И. Практика функционального моделирования с AllFusion Process Modeler 4.1. Где? Зачем? Как? / В.И. Дубейковский. // М. : ДИАЛОГ-МИФИ. – 2004. – 464 с.
235. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite / С.В. Маклаков // М. : ДИАЛОГ-МИФИ. – 2003. – 432 с.
236. Тарандушка Л.А. Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі управління якістю автосервісного підприємства [Електронний ресурс] / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян // Науковий Вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу. – 2019. — С. 48-56. Режим доступу до ресурсу: DOI: 10.31471/1993-9965-2019-2(47)-48-56.
237. Тарандушка Л.А. Функціональна модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – 2018. – №1. – С. 131–136.
238. Формування номенклатури споживчих критеріїв для розробки моделі організації автосервісного виробництва / А.П. Солтус, Л.А. Тарандушка, В.В. Біліченко, Н.Л. Костьян. // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця. – 2018. – №2(8). – С. 119–126.
239. Тарандушка Л.А. Дослідження впливу параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на показник якості технологічних процесів системи автосервісу / Л.А. Тарандушка // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2020. – №40. – С. 179–187.

240. 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.

241. 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 eksploatacyjne: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2020. – №20. – P. 93–102.

242. 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.

Додаток А
Акти впровадження

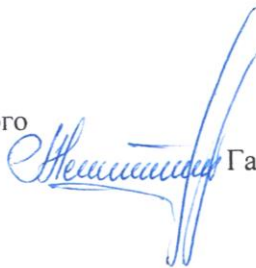
МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ
УКРАЇНИ
просп. Перемоги, 14, м. Київ, 01135,
тел.: (044) 351-40-96, 351-49-54, 351-40-01,
факс: (044) 351-48-45
E-mail: miy@mtu.gov.ua,
сайт: www.mtu.gov.ua,
код згідно ЄДРПОУ 37472062

Довідка
про використання результатів дисертаційного дослідження «Наукові
основи забезпечення якості технологічних процесів відновлення
працездатності транспортних засобів в системах автосервісу»
Тарандушки Людмили Анатоліївни

Для вдосконалення теоретико-методологічного забезпечення функціонування мереж автосервісних підприємств, що працюють на території України, використано наступні результати дисертаційного дослідження Тарандушки Л.А.:

- загальна методологія оцінювання якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в мережі автосервісних підприємств;
- функціональні моделі систем автосервісу на мета- та макро- рівнях;
- методика оцінювання ефективності діяльності систем автосервісу різних морфологічних структур з врахуванням основних характеристик автосервісних підприємств, автомобілів, що обслуговуються, та зовнішнього середовища;
- методика визначення прогнозованої ефективності функціонування мережі систем автосервісу з врахуванням середньої вартості обслуговування та середньої вартості очікування на виконання технологічних операцій.

Генеральний директор Директорату
автомобільного та електричного міського
транспорту Мінінфраструктури

 Гамлет ПОГОСЯН

ЗАТВЕРДЖЕНОГенеральний директор
ПРАТ "ЧЕРКАСИ-АВТО"

Дирда В.О.

"28" 7 2020 р.

АКТ № 7/20

впровадження результатів дисертаційної роботи на тему:
«Наукові основи забезпечення якості технологічних процесів
відновлення працездатності транспортних засобів в системах
автосервісу»

Тарандушки Людмили Анатоліївни
в ПРАТ "ЧЕРКАСИ-АВТО"

Комісія у складі: голови комісії заступника генерального директора з сервісу Придатчука В.А. та членів комісії начальника відділу сервісу Чмельова А.О. та головного інженера Щербака А.М. встановила, що у виробничій діяльності ПРАТ "ЧЕРКАСИ-АВТО" з метою оптимізації технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів були використані наступні наукові результати Тарандушки Л.А.:

1) Алгоритм вибору оптимальної морфологічної схеми системи автосервісу для ПРАТ "ЧЕРКАСИ-АВТО".

2) Математична модель системи автосервісу, та її комп'ютерна реалізація у вигляді системи нечіткого логічного виведення Сугено, яка може бути застосована для прогнозування перспективного рівня якості виконання технологічних процесів та для аналізу різних варіантів стратегій оптимізації роботи АСП.

3) Програмний комплекс визначення оптимальної форми організації виробництва.

Перевірка на експериментальних даних показує адекватність побудованої математичної моделі. Дані наукові результати дозволили отримати прогноз щодо показників якості технологічних процесів на майбутній період та визначити напрями оптимізації функціонування ПРАТ "ЧЕРКАСИ-АВТО".

Запропоновані алгоритм та програмні засоби базуються на методах статистичного, морфологічного аналізу та на використанні теорії нечітких множин, мають практичну цінність і можуть бути застосовані для підвищення якості виконання технологічних процесів підприємств автосервісу.

Голова комісії

Члени комісії

Придатчук В.А.

Чмельов А.О.

Щербак А.М.



Резнік Г.А.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор

ТОВ АНТ-AВТО-СЕРВІС

Варавва О.В.

“ 24 ” 09 2020 р.



Довідка

**про використання науково-практичної розробки в діяльності ТОВ АНТ-АВТО-СЕРВІС з дисертаційного дослідження «Наукові основи забезпечення якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в системах автосервісу»
Тарандушки Людмили Анатоліївни**

З метою підвищення якості технологічних процесів та ефективності функціонування підприємства були використані наступні наукові результати дисертаційної роботи Тарандушки Л.А.:

1. Методика оцінювання рівня якості технологічних процесів системи автосервісу на макрорівні.
2. Рекомендації щодо забезпечення цільового показника якості технологічних процесів підприємства.
3. Математична модель визначення соціально-економічної ефективності функціонування системи автосервісу з врахуванням параметрів її основних функціональних елементів.

Запропоновані методика, рекомендації та модель мають практичну цінність і можуть бути застосовані для підвищення соціально-економічної ефективності функціонування підприємств автосервісу.

Комерційний директор
ТОВ АНТ-AВТО-СЕРВІС

Л.Є. Косенко

ЗАТВЕРДЖУЮРектор Черкаського державного
технологічного університетуС.О. Григор
« 12.10.2020 р.**Довідка**

про використання науково-практичної розробки та використання в
навчальному процесі результатів з дисертаційного дослідження «Наукові
основи забезпечення якості технологічних процесів відновлення
працездатності транспортних засобів в системах автосервісу»

Тарандушки Людмили Анатоліївни

Результати дисертаційного дослідження Тарандушки Л.А, на тему
«Наукові основи забезпечення якості технологічних процесів відновлення
працездатності транспортних засобів в системах автосервісу» використанні
для вдосконалення теоретико-методологічного забезпечення навчального
процесу на кафедрі автомобілів та технології їх експлуатації Черкаського
державного технологічного університету при підготовці студентів ОКР
«Бакалавр» та «Магістр» спеціальностей 274 «Автомобільний транспорт» та
275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», а саме, при
викладанні навчальних дисциплін «Математичне моделювання
технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту»,
«Методологія наукових досліджень», «Винахідницька діяльність» та при
написанні курсових та дипломних робіт. Нові положення стосуються:

- узагальнення методичних підходів до систематизації схем будь-яких
систем за морфологічними ознаками основних функціональних
елементів;
- удосконалення навиків визначення незалежних параметрів систем;
- розширення досвіду по визначенню оптимальних значень незалежних
параметрів функціональних елементів системи.

Декан факультету комп'ютеризованих
технологій машинобудування
і дизайну, к.т.н., доцент

12. 10. 2020

М.В. Підгорний

ДОДАТОК Б
Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації

Б.1. Список публікацій здобувача за темою дисертації:

Наукові прац, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Тарандушка Л.А. Морфологічний опис верхнього рівня моделі функціонування автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(148). – С. 84–89.
2. Тарандушка Л.А. Побудова функціональної моделі автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – №1(46). – С. 333–340.
3. 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.
4. 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.
5. Тарандушка Л.А. Дослідження впливу параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на показник якості технологічних процесів системи автосервісу / Л.А. Тарандушка // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2020. – №40. – С. 179–187.
6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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 transport samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki: wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – P. 91–99.

17. Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств / Л.А.Тарандушка, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, В.В. Біліченко. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(11). – С. 133–139.

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

19. 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.

20. 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.

21. Тарандушка Л.А. Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі управління якістю автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка,

Н.Л. Костьян // Науковий Вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу. – 2019. – №2(47) – С. 48–56.

22. 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 eksploatacyjne: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2020. – №20. – P. 93–102.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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: 3б. тез доповідей. – Черкаси : СУЕМ, 2016. – С. 357–359.

29. 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.

30. 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.

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.

Б.2. Відомості про апробацію 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.).