

УДК 65.011.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).162-168](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).162-168)

Л.А. Тарандушка, доц., канд. техн. наук, Н.Л. Костьян, доц., канд. техн. наук,
І.П. Тарандушка, асист.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна
e-mail: tarandushka@ukr.net; 438knl@gmail.com; tarandushka@ukr.net

Розв'язання багатокритеріальної задачі оптимізації системи автосервісу на прикладі «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси

Досліджується проблема визначення раціональних режимів функціонування системи автосервісу на макрорівні. Здійснено математичну постановку задачі оптимізації для вирішення даної проблеми, що дозволило визначити показники соціально-економічної ефективності до та після оптимізації підприємства та розрахувати критерій доцільності її впровадження на прикладі «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси. Результати дослідження пропонується застосовувати в процесі реорганізації систем автосервісу на макрорівні.

багатокритеріальна задача оптимізації, система автосервісу, математична модель, соціально-економічна ефективність

Постановка проблеми. Сучасні системи автосервісу мають складну структуру, морфологічні ознаки функціональних елементів якої характеризують як внутрішній стан системи, так і вплив зовнішніх факторів на ефективність її функціонування. Керування зазначеними системами та їх вдосконалення потребує аналізу залежностей між її вхідними та вихідними параметрами на основі розроблених математичних моделей. Дані залежності в загальному випадку не є лінійними. Крім того, в результаті застосування оптимальних режимів роботи систем на різних рівнях ієрархії окрім економічного ефекту автосервісу отримується соціальний ефект, що проявляється у зменшенні часу обслуговування і фінансових витрат клієнтів, розширенні клієнтського радіусу та наблизенні актуального попиту [1] на автосервісні послуги до потенційного. В реальних умовах функціонування на параметри систем автосервісу накладаються певні обмеження. Таким чином, стає необхідним формулювання та розв'язання задачі нелінійного програмування для оптимізації функціонування системи автосервісу за критеріями соціально-економічної ефективності та втрат клієнта.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [2] запропоновано визначати соціально-економічну ефективність автосервісу за критерієм доцільності реалізації цільового рівня якості, проте не враховано витрати підприємства на обслуговування клієнтів. Автором [3] розроблено алгоритм визначення ефективності автосервісу за рахунок коригування рівня використання виробничо-технічної бази підприємства із врахуванням лише найчастіше виконуваних послуг. В роботі [4] ефективність виробництва враховує соціально-економічну ефективність автосервісу, задоволення потреб споживачів, задоволення суспільних потреб, ефективність використання ресурсів. Але в даній роботі використано обмежений перелік параметрів системи автосервісу. Автори [5] стверджують, що необхідними умовами ефективної роботи системи автосервісу є підвищення кваліфікації працівників, застосування інноваційних технологій обслуговування та ремонту транспортних засобів,

вдосконалення методів та форм організації праці, вдосконалення системи самоконтролю. Проте не представлено метод розрахунку ефективності. В роботі [6] виокремлено фактори, що впливають на якість технологічних процесів та ефективність роботи системи автосервісу, але не визначено аналітичну залежність між зазначеними вихідними параметрами. Авторами [7, 8] представлено збалансовану систему показників діяльності підприємства автосервісу. Проте зазначена система не враховує характеристики транспортних засобів, що обслуговуються підприємством. Для розрахунку ефективності системи автосервісу в даних роботах використано лише економічні показники системи.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка алгоритму визначення раціональних режимів роботи системи автосервісу на макрорівні для досягнення максимального рівня соціально-економічної ефективності автосервісу та мінімальних втрат клієнтів системи з врахуванням характеристик її функціональних елементів.

Виклад основного матеріалу. Аналіз доцільності впровадження оптимізаційних робіт в межах системи автосервісу базується на розрахунку значення приросту показника соціально-економічної ефективності обслуговування автомобілів. Приріст показника соціально-економічної ефективності ΔE_ϕ визначається наступним чином:

$$\Delta E_\phi = E_{\phi 2} - E_{\phi 1},$$

де $E_{\phi 1}$, $E_{\phi 2}$ – показники соціально-економічної ефективності автосервісу до та після оптимізації системи автосервісу відповідно, що є функціями від коефіцієнту якості технологічних процесів системи автосервісу.

В [6] надано детальний опис параметрів системи автосервісу на макрорівні $\{x_i\}$, $1 \leq i \leq 19$; визначено їх базис $\{x_j\}$, $j \in \{2,5,9,10,11,12,19\}$; отримано математичну модель, що відображає залежність коефіцієнту якості технологічних процесів системи від її параметрів [6]. Дана модель є основою оптимізації роботи системи за критерієм рівня якості виконання технологічних процесів.

При $\Delta E_\phi < 0$ оптимальні режими роботи системи автосервісу пропонується визначати шляхом розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації, що містить систему цільових функцій річної соціально-економічної ефективності автосервісу та середніх витрати клієнтів, що пов'язані з отриманням послуг протягом року (1) та систему обмежень базисних змінних (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} E_\phi = f_1(x_1) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6) - \\ \quad - [f_4(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f_7(x_4, x_9) + f_8(x_2)] \rightarrow \max; \\ B_{кл} = f_9(x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{18}, x_{19}) \cdot [L_{км} \cdot f_{10}(x_{12}, x_{19}) + \\ \quad + (f_{11}(R_{кл}, x_{14}, x_{15}) + f_{12}(x_4, x_5, x_6, x_7, x_{17}) + f_{13}(x_2, x_{14}, x_{15}) + \\ \quad + f_{14}(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) + T_{in} + f_{15}(x_2, x_{17})) \times f_{16}(x_{19})] \rightarrow \min, \end{array} \right. \quad (1)$$

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

де $x_{2_{stat}}$, $x_{5_{stat}}$ – статистичні значення відповідних параметрів, що отримано до оптимізації автосервісу; $R_{кл}$ – клієнтський радіус системи автосервісу.

В [2] отримано залежності незалежних параметрів системи від базисних, тому функції соціально-економічної ефективності автосервісу та витрат клієнтів набувають виду:

$$E_{\phi} = f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}); \quad (3)$$

$$B_{кл} = f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}). \quad (4)$$

Враховуючи зазначене, систему цільових функцій (1) можна записати у наступному вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \max; \\ f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \min. \end{array} \right. \quad (5)$$

Опис функцій $f_1(X) - f_{16}(X)$, $f'(X)$, $f''(X)$, параметрів, що необхідні для їх розрахунку, а також їх кількісні значення до та після оптимізації для спеціалізованої системи автосервісу «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси, представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні параметри для розрахунку показника ефективності

№	Позначення параметру	Назва параметру	До оптимізації	Після оптимізації
1	2	3	4	5
1	$f_1(X) = N_{п}$	Кількість постів	8	13
2	$f_2(X) = A_3$	Кількість автомобіле-заїздів на 1 пост за рік, автомобіле-заїзд/пост	741	756
3	$f_3(X) = Ц_{аз}$	Середня ціна одного автомобіле-заїзда, грн/автомобіле-заїзд	1450	1538
4	$H_{фзн}$	Єдиний соціальний внесок	0,22	0,22
5	Φ_{pj}	Річний фонд робочого часу j -го працівника за погодинної форми оплати, год.	2000	2000
6	pc	Кількість робітників на постах	14	19
7	$\Phi_{зп}$	Річний фонд заробітної плати, грн.	1680000	2660000
8	$f_4(X) = B_{PC}$	Річні витрати на робочу силу, грн.	2049600	3245200
9	$f_5(X) = B_{MP}$	Річні витрати на запасні частини, агрегати та експлуатаційні матеріали, грн.	2578680	4534639

Продовження таблиці 1

10	C_H	Частка накладних витрат від загальної вартості трудових ресурсів	0,2	0,2
11	$f_6(X) = B_{накл}$	Накладні витрати, грн	409920	649040
12	$N'_п$	Кількість постів, для яких розраховуються амортизація обладнання	-	5
13	$f_7(X) = AB$	Амортизаційна вартість обладнання одного поста, грн.	-	40000
14	$f_8(X) = A_{обл}$	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	$f_9(X) = K_з$	Кількість звернень одного клієнта на автосервіс протягом року	1	0,6
19	$L_{км}$	Пробіг для отримання послуги, км	5	7
20	$f_{10}(X) = Ц_{км}$	Ціна кілометру пробігу, грн/км	10	10,8
21	$f_{11}(X) = T_{ПР}$	Час, втрачений в автомобільних пробках при отриманні послуг, год.	0,16	0,2
22	$f_{12}(X) = T_{ТОР}$	Час виконання ТО та ремонту, год.	2,7	2,5
23	$f_{13}(X) = T_{оч}$	Час очікування виконання обслуговування, год.	0,62	0,25
24	$f_{14}(X) = T_{рек}$	Час, пов'язаний з рекламаціями, год.	0,03	0,01
25	$T_{ін}$	Час, витрачений на вирішення питань додаткових робіт, год.	2	2
26	tA_s	Середній час постачання запасних частин категорії А з власного складу, год.	0,15	0,15
27	tB_s	Середній час постачання запасних частин категорії В з регіонального складу, год.	6	6
28	tC_s	Середній час постачання запасних частин категорії С від виробника, год.	312	168
29	α	Частка запасних частин категорії А, що постачаються з власного складу	0,7	0,7
30	β	Частка запасних частин категорії В, що постачаються з регіонального складу	0,24	0,25
31	γ	Частка запасних частин категорії С, що постачаються від виробника	0,06	0,05
32	$f_{15}(X) = T_{зч}$	Час, витрачений на пошук та доставку запасних частин, год.	20,27	10,01
33	$f_{16}(X) = Ц_T$	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	$f'(X) = E_{ф}$	Соціально-економічна ефективність	2981400	5467865
37	$f''(X) = B_{кл}$	Витрати клієнтів, що пов'язані з отриманням послуг, протягом року, грн	3117,23	2739,06

Джерело: розроблено авторами на основі [2] та [6].

За умови значень показників табл. 1 річний приріст соціально-економічної ефективності автосервісу після проведення оптимізаційних заходів склав 2486465 грн.

Аналіз приросту соціально-економічної ефективності підтвердив доцільність здійснення оптимізаційних робіт для спеціалізованої системи на макрорівні.

Постановка математичної задачі оптимізації системи автосервісу надала можливість розробити алгоритм визначення раціональних режимів роботи системи на основі аналізу її соціально-економічної ефективності, який представлено на рис. 1.

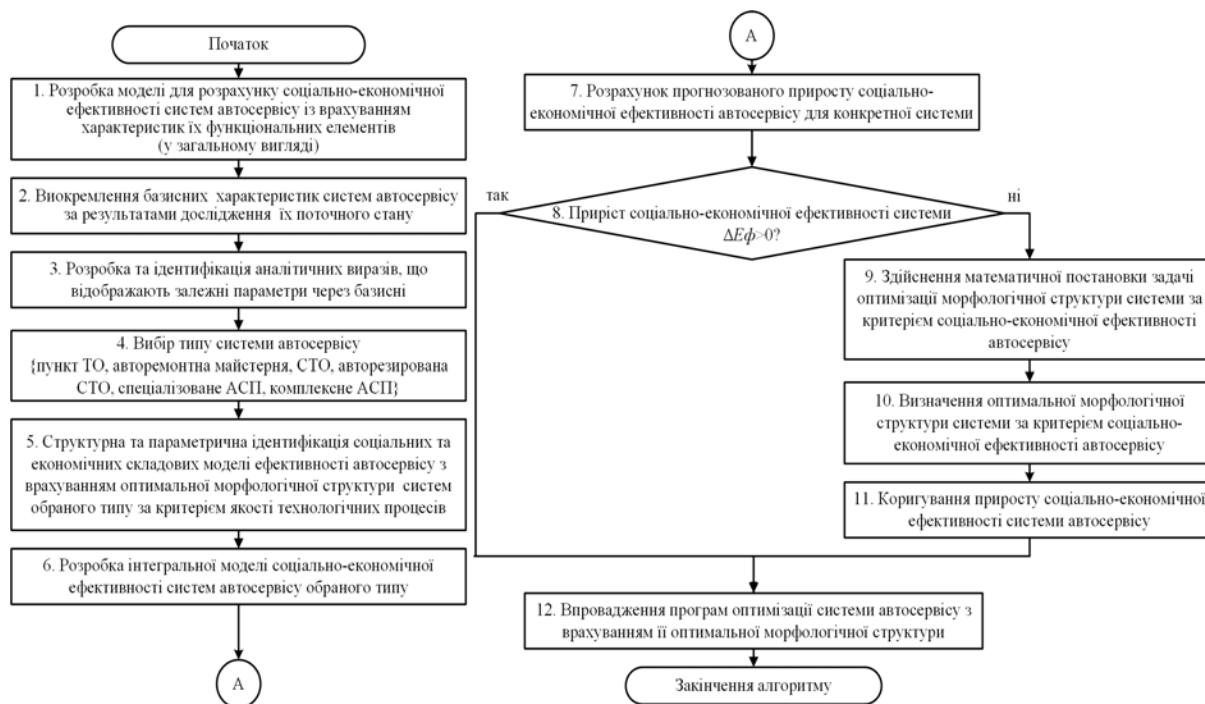


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму визначення оптимальної морфологічної структури системи на основі аналізу соціально-економічної ефективності автосервісу

Джерело: розроблено авторами

Результати апробації розробленого алгоритму на основі запропонованої математичної моделі багатокритеріальної задачі оптимізації системи автосервісу підтвердили працездатність даної описаної методики та рекомендується до використання під час реструктуризації системи та прогнозування її показників.

Висновки. Багатокритеріальна модель системи автосервісу, що пропонується для застосування в процесі визначення раціональних режимів роботи системи, враховує дев'ятнадцять характеристик її функціональних елементів. Під час розрахунків прогнозованих значень соціально-економічної ефективності використано значення за попередні періоди та оптимальні значення параметрів системи. Для апробації запропонованої методики було обрано спеціалізоване автосервісне підприємство «АНТ-АВТО-СЕРВІС» м. Черкаси. Результати апробації свідчать про доцільність оптимізації роботи даного підприємства. Прогнозується, що річна ефективність автосервісу зросте на 2 486 465 грн. Результати дослідження може бути застосовувано в процесі прийняття рішень щодо доцільності оптимізації системи автосервісу на макрорівні. Подальші дослідження буде спрямовано на постановку та реалізацію математичних моделей для оптимізації систем автосервісу на мікро- та мета- рівнях.

Список літератури

1. Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств / Тарандушка Л.А., Костьян Н.Л., Марков О.Д., Біліченко В.В. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. №1(11). С. 133-139.
2. 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.
3. Субочев О.І. Підвищення ефективності виробництва автосервісних підприємств на основі пріоритетів транспортного процесу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20. НТУ. К., 2001. 18 с.
4. Марков О.Д., Марков П.О. Критерії та показники ефективності автосервісу. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2013. Вип. 12. С. 110-116.
5. Krokmal N. V., Trusova T. V. On the Problem of Increasing the Efficiency of Car Service Centres in Russia. *Молодой учёный. Технические науки*. 2013. № 5 (52). С. 64-67.
6. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises / Tarandushka L., Mateichyk V., Kostian N., Tarandushka I., Rud M. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2/3 (104). 2020. pp. 58-75. DOI: 15587/1729-4061.2020.200332.
7. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу : монографія. К. : Кафедра. 2014. 328 с.
8. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник. К. : «Медін-форм» 2017. 212 с.

References

1. Tarandushka, L.A., Kostian, N.L., Markov, O.D. & Bilichenko, V.V. (2020). Rozrobka funktsionalnoi modeli merezhi avtoservisnykh pidpriemstv [Development of car service enterprises network functional model]. *Journal of Mechanical Engineering and Transport, № 1 (11)*, 133–139 [in Ukrainian].
2. Tarandushka L., Kostian N., Rud M., Mateichyk P., Lavryk I. (2020). Determination of efficiency of optimization measures in the car service system. *Systemy I srodki transportu. Bezpieczenstwo I materialy eksploatacyjne: monografia: Politechnika Rzeszowska*. Rzeszow. №20. P. 93-102 [in English].
3. Subochev O.I. (2001) Pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva avtoservisnykh pidpriemstv na osnovi priorityteriv transportnoho protsesu: Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk [Increasing the production efficiency of car service enterprises based on the priorities of the transport process]: *Abstract of Phd thesis* [in Ukrainian].
4. Markov O.D. (2013). Kryterii ta pokaznyky efektyvnosti avtoservisu [Criteria and indicators of the effectiveness of car service]. *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka - Project management, system analysis and logistics, №. 12*, 110–116 [in Ukrainian].
5. Krokmal N.V., Trusova T.V. (2013). On the Problem of Increasing the Efficiency of Car Service Centres in Russia. *Molodoy uchyonyi. Tehnicheskie nauki. № 5 (52)*, 64-67 [in English].
6. Tarandushka L., Mateichyk V., Kostian N., Tarandushka I., Rud M. (2020) Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises. *Eastern-European journal of enterprise technologies 2/3 (104)*, 58-75, doi: 15587/1729-4061.2020.200332.
7. Andrusenko, S.I. & Buhaichuk, O.S. (2014). *Modeliuvannia biznes–protseviv pidpriemstva avtoservisu [Simulation of Business Processes at autoservice enterprises]*. Kyiv: Kafedra [in Ukrainian].
8. Andrusenko, S.I. & Buhaichuk, O.S. (2017). *Tekhnolohii pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnycho-tekhnichnoi bazy pidpriemstv avtomobilnoho transportu [Technologies for increasing the efficiency of the production and technical base of road transport enterprises]*. Kyiv: Medin-form [in Ukrainian].

Lyudmyla Tarandushka, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Natalia Kostian**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ivan Tarandushka**, Assist.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Solution of the Multicriteria Problem of Optimization of the Car Service System on the Example of "ANT-AUTO-SERVICE", Cherkassy

The paper investigates the problem of determining the rational modes of operation of the car service system at the macro level in the process of solving the multicriteria problem of optimizing the technological

processes of the system to achieve the maximum level of socio-economic efficiency of the car service and minimum losses of customers taking into account the characteristics and limitations of its functional elements.

Mathematical dependences have been developed to calculate the efficiency function of the car service system in general, which takes into account nineteen morphological features of the system and the annual costs of customers who are consumers of the offered car service. In order to solve this problem, a mathematical formulation and implementation of the problem of nonlinear programming, multicriteria model of which takes into account constraints imposed on the seven basic parameters. A method for determining the feasibility of implementing optimization measures has been developed and a block diagram of the algorithm according to its stages has been constructed. Indicators of socio-economic efficiency before and after optimization of technological processes are determined and the criterion of expediency of realization of optimization programs on the example of specialized system of car service "ANT-AUTO-SERVICE", Cherkasy is calculated. During the calculations of the predicted values of socio-economic efficiency, the values for the previous periods were used and the optimal values of the system parameters were calculated.

The results of testing indicate the feasibility of optimizing the work of this enterprise. It is projected that the annual efficiency of the specialized car service system will increase by UAH 2,486,465. The results of the study can be used in the decision-making process on the feasibility of optimizing the car service system at the macro level. Further research will focus on the formulation and implementation of mathematical models for the optimization of car service systems at the micro and meta levels.

multicriteria optimization problem, car service system, mathematical model, socio-economic efficiency

Одержано (Received) 14.04.2021

Прорецензовано (Reviewed) 19.04.2021

Прийнято до друку (Approved) 26.04.2021

УДК 343.148.63

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).168-178](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).168-178)

О.Ю. Лук'янченко, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

e-mail: 111188@ukr.net

С.Ю. Федьорко, В.В. Халявка

Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,

м. Черкаси, Україна

e-mail: 24_kdtz@ukr.net

Аналіз методів дослідження ідентифікаційних номерів транспортних засобів для проведення судової експертизи

У статті висвітлено актуальні проблеми проведення експертних досліджень під час розслідування злочинів, пов'язаних із знищенням, підробленням або заміною номерних позначень транспортних засобів. На підставі відповідних діючих нормативних документів та з огляду сучасних наукових праць проведено аналіз практичного застосування методів дослідження ідентифікаційних номерів агрегатів транспортних засобів під час проведення судової експертизи комплексного дослідження транспортних засобів. Аналіз показує, що більшість методів дослідження ідентифікаційних позначень на сьогоднішній день залишаються актуальними і дозволяють здійснити відповідні процедури щодо сукупності різних особливостей об'єктів дослідження. Метою статті є аналіз застосування, виявлення позитивних сторін застосовуваних методів дослідження ідентифікаційних номерів автотранспортних засобів та їх агрегатів та можливих напрямків удосконалення відповідних процедур під час проведення судової експертизи комплексного дослідження транспортних засобів.

© О.Ю. Лук'янченко, С.Ю. Федьорко, В.В. Халявка, 2021