

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЩОДЕННОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

**Аулін В.В., д.т.н., проф.¹,
Кабашкін І., PhD, проф.²,
Агапоненко М.О.¹**

Центральноукраїнський національний технічний університет¹
Інститут транспорту і зв'язку²

Сучасне автотранспортне підприємство (АТП) має відповідати реальним умовам зовнішнього середовища (економічним і технологічним) для нормального функціонування і зростання на ринку транспортних послуг. В даний час існуючі принципи контролю і управління технічним станом автомобілів в експлуатації перестали задовольняти сучасної макроекономічної ситуації. В результаті системи технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) більшості автотранспортних підприємств не відповідають сучасним вимогам, що призвело до зниження експлуатаційної надійності автомобілів і ефективності експлуатації, збільшення частки витрат автомобільних перевезень в собівартості продукції. Назріла необхідність адаптації принципів контролю та управління технічним станом автомобілів до існуючої макроекономічної ситуації. Особливість проблеми полягає ще й у тому, що важливий не тільки сам факт досягнення заданого нормативно-технічною документацією рівня надійності автомобілів, їх агрегатів і систем, але і правильний вибір методів, що забезпечують заданий і більш тривалий термін експлуатації автомобілів.

В даний час в рамках інвестиційних програм розвитку АТП здійснюються програми по модернізації виробництва, здійснюється впровадження сучасної техніки. Підтримка автомобілів в технічно справному стані в значній мірі залежить від рівня розвитку й умов функціонування виробничо-технічної бази АТП.

В сучасних умовах розвиток ВТБ відстає від темпів розвитку парку автомобілів. У багатьох підприємствах збільшується частка парку сучасної техніки з високими ресурсними пробігами. Проте на підприємствах відсутні суворі нормативи трудомісткості та тривалості технічних впливів в силу відсутності даної інформації щодо сучасної імпоротної техніки та малого терміну її експлуатації. Тому виникають складності з визначення виробничої програми з ТО і ремонту автомобілів. Відповідно, виникають труднощі при прийнятті планувальних рішень зон обслуговування (визначення кількості постів щоденного обслуговування (ЩО), технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР).

Перераховані причини дозволяють зробити висновок про необхідність удосконалення і розвитку ВТБ. Особливу роль у розвитку ВТБ відіграє технологічне проектування, одним з основних етапів якого є розрахунок виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу.

В умовах витіснення вітчизняних марок автомобілів новими зарубіжними моделями, відзначаються складнощі у застосуванні даної методики визначення виробничої програми з ТО і ПР для сучасної техніки. Це пояснюється наступними причинами:

- автомобілі імпортного виробництва мають ресурсний пробіг при правильній експлуатації 1,8...2,0 млн. кілометрів. Тому пробіг до списання на автомобілі не встановлюється, а встановлений термін експлуатації 8...9 років незалежно від пробігу. Це пов'язано з моральним старінням техніки раніше вироблення ресурсу;

- нормативна періодичність робіт ТО визначається згідно регламентом фірми-виробника автомобілів, а нормативи трудомісткості і норми простою автомобілів в ТО і ПР не регламентовані вітчизняними нормативними документами;

- для вітчизняних автомобілів передбачається нормування тривалості простою автомобілів в ТО і ПР у вигляді загальної питомої норми простою на 1000 км пробігу, що не відповідає системі проведення ТО і ПР імпортової техніки.

- на практиці в АТП з-за відмінностей в технічному стані і пробігів рухомого складу не всі автомобілі, які досягли нормативного пробігу до КР, виводяться з експлуатації, що робить вплив на точне визначення коефіцієнта технічної готовності;

- конструкція автомобіля в цілому й окремих його механізмів і систем за останні роки якісно змінилася, що, природно, викликає необхідність якісного і кількісної зміни регламентованих робіт з ТО і ПР. Зокрема, фірмою «Scania» розроблений стандартний регламент, який є основою для планування кожного конкретного автомобіля та корегування його відповідно до умов експлуатації.

Визначено п'ять типів умов експлуатації:

«0» – транспортування вантажів в легких умовах на великі відстані;

«1» – транспортування вантажів на великі відстані. Експлуатація автомобілів на дорогах з удосконаленим покриттям на місцевості зі змішаним та горбистим рельєфом;

«2» – транспортування вантажів у важких умовах на великі відстані;

«3» – експлуатація автомобілів поза доріг;

«4» – транспортування пакетованих вантажів на короткі відстані.

Види ТО автомобілів «Scania» представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Види технічного обслуговування автомобілів «Scania»

Позначення виду ТО	Характеристика
ТО-R	Обслуговування в період обкатки автомобіля. Виконується не пізніше 4 тижнів після початку експлуатації або при досягненні пробігу 20000 км. Виконується офіційним дилером.
ТО-S	Мале обслуговування автомобіля. Найменша за обсягом виконуваних робіт періодичне обслуговування.
ТО-M	Середнє обслуговування.
ТО-L	Велике обслуговування. Включає в себе найбільш повний перелік робіт.
ТО-X	Додаткове обслуговування автомобіля. Включає, в основному, додаткове

	машення вузлів шасі, перевірки на наявність протікання, шумів і пошкоджень та регулювання гальмівних механізмів. Додаткове обслуговування не проводиться, тільки якщо автомобілі експлуатуються в сприятливих умовах, відповідних типів «0», «1» або «4»: дороги не обробляються сольовими розчинами і запиленість повітря не висока.
--	---

Послідовність всіх видів технічного обслуговування має вигляд: повний цикл – X – S – X – M – X – S – X – L.

Перераховані причини і особливості експлуатації імпортного рухомого складу, а також темпи зростання парку імпортної техніки дозволяють зробити висновок про необхідність реорганізації процесів ТО і ПР автомобілів. Тому в даній роботі поставлена мета дослідження та визначення завдання по вдосконаленню існуючої в даний час методики розрахунку виробничої програми з ТО і ПР рухомого складу, адаптація її до сучасним умовами функціонування АТП.

Рішення задачі адаптації методики розрахунку виробничої програми по ТО і ПР до реальних умов, що склалися на підприємствах, експлуатуючих рухомий склад іноземного виробництва, здійснюється:

- шляхом зміни використаної нормативної бази (величина розрахункового циклу);

- визначення закономірного впливу змін на значення показників роботи ВТБ (коефіцієнт технічної готовності автомобілів, річні обсяги робіт по кількості і трудомісткості впливів ТО і ПР). При цьому необхідно оцінювати величину впливу простою в ПР рухомого складу на показники загального обсягу робіт з ТО і ПР, для виконання економічного критерію забезпечення оптимального обсягу виробничих потужностей (забезпечення мінімуму витрат або максимуму питомої прибутку $\Pi_{уд}$):

$$\sum_{i=1}^n C_i \rightarrow \min \quad (1)$$

В якості об'єкта дослідження при розробці методики визначення виробничої програми з ТО і ПР для підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, була визначена цільова функція:

$$C, L_{opt}(t_{mp}) \rightarrow opt, \quad (2)$$

де C - витрати на ТО і ПР рухомого складу, грн; L_{opt} - ефективний пробіг автомобіля, км; t_{mp} - питома трудомісткість поточного ремонту, люд-год/1000км.

При використанні в якості розрахункового циклу значення пробігу за повний цикл ТО алгоритм визначення основних елементів виробничої програми по ТО і ПР автомобілів буде наступним. Сумарні простої ТО за цикл одного автомобіля визначаються за формулою:

$$N_{ТОj}^{\Sigma} = \sum_i (N_{ТОj} \cdot m_{ТОj}), \quad (3)$$

де $N_{ТОj}$ - норма простою в ТО; i – порядковий номер виду ТО; j – порядковий номер моделі рухомого складу; $m_{ТОj}$ - кількість обслуговуючих відповідного виду за цикл.

Всі дані, що відносяться до циклу, визначаються для кожної марки окремо і не підсумовуються по всьому парку, так як тривалість циклу у кожній марки різна. Сумарна кількість кожного виду (M_{TOji}) для всіх автомобілів парку однієї марки за цикл визначається за формулою:

$$M_{TOji} = A_{cnj} \cdot m_{TOij}, \quad (4)$$

Кількість днів простою в ПР за цикл залежно від норми простою визначається за формулою:

$$D_{TP} = \frac{N_{TP} \cdot L_u}{1000} \quad (5)$$

де N_{TP} - норма простою автомобілів в поточному ремонті, днів/1000км.

Тривалість циклу в днях дорівнює сумі днів роботи автомобілів на лінії, днів простою в ТЕ і ремонті протягом циклу:

$$D_{uj} = D_{puj} + D_{TOj} + D_{TP} \quad (6)$$

де D_{puj} - кількість днів роботи автомобіля на лінії за цикл; D_{TOj} - число днів простою автомобіля в ТО за цикл.

Для подальшого розрахунку необхідно перейти від циклу до року, тобто визначити кількість циклів за рік для кожної марки автомобілів. Коефіцієнт переходу від циклу до року визначається за формулою:

$$\eta_{uj} = \frac{D_{роб.р}^{nc}}{D_{uj}} \quad (7)$$

де $D_{роб.р}^{nc}$ - дні роботи в році рухомого складу.

Розрахунковий коефіцієнт технічної готовності для кожної марки автомобілів визначається за формулою:

$$\alpha_{Tj} = \frac{D_{puj}}{D_{uj}} \quad (8)$$

де $D_{роб.р}^{nc}$, D_{uj} - тривалість циклу і дні роботи автомобілів на лінії відповідно.

Середній по всьому парку автомобілів коефіцієнт технічної готовності визначається за формулою:

$$\alpha_T = \frac{\sum_j (\alpha_{Tj} \cdot A_{cnj})}{\sum_j A_{cnj}} \quad (9)$$

Сумарний готовий об'єм роботи по ПР парку рухомого складу:

$$t_{TP}^r = \sum_j t_{TPj}^r \quad (10)$$

де t_{TPj}^r - річний об'єм роботи по ПР по кожній марці автомобілів, люд-год

$$t_{TPj}^r = \frac{L_{uj} \cdot A_{cnj} \cdot t_{TP}}{1000} \quad (11)$$

де L_{uj} - річний пробіг автомобіля, км; t_{TP} - питома нормативна трудомісткість робіт, люд-год/1000км.

Величина питомої нормативної трудомісткості робіт ПР приймається для пробігу автомобіля в межах базового циклу експлуатації $L_{цб}$. Коригування

питомої нормативної трудомісткості робіт ПР, проводиться цикловим коефіцієнтом коригування в залежності від пробігу з початку експлуатації $K_{ПР}$.

Цикловий коефіцієнт коригування питомої нормативної трудомісткості робіт ПР залежно від пробігу з початку експлуатації визначається за формулою:

$$K_{ПРn} = \frac{\int_{L_q(\delta)}^{L_q(n)} t_{mp} dl}{\int_{L_q(\delta-1)}^{L_q(\delta)} t_{mp} dl}, \quad (12)$$

Пропонований алгоритм дозволяє визначити всі необхідні компоненти виробничої програми по ТО і ПР. Порівняння існуючої методики розрахунку виробничої програми по ТО і ПР і адаптованої до умов підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння методики розрахунку виробничої програми по ТО ПР рухомого складу

Існуюча методика розрахунку виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу	Пропонована методика розрахунку виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу
Вибір значення циклу (пробіг до КР або до списання) $L_{ц} = L_{кр}$	Вибір значення циклу (пробіг за повний комплекс робіт ТО) $L_{ц} = L_{ТО}$
1. Вибір періодичності ТО-1, ТО-2	1. Приймається згідно з регламентом підприємства
2. Коригування періодичності ТО-1, ТО-2, L	2. Коригування проводиться регламентованим зміною величини L
3. Визначення числа списань і числа ЕО, ТО-1, ТО-2	3. Визначення тривалості циклу, дн. (год). 3.1. Визначення часу простою в ТО однієї моделі автомобіля за цикл, год (дн). 3.2. Визначення часу простою ПР автомобілів однієї моделі за цикл, год (дн). 3.3. Визначення часу роботи на лінії автомобілів однієї моделі за цикл, год (дн).
4. Визначення коефіцієнта технічної готовності, α_T : 4.1 $D_{р.ц.} = D_k + D_{ТО.ПР} \cdot L_{кр} \cdot K_4 / 1000$ 4.2 $D_{е.ц.} = \frac{L_p}{l_{cc}}$ 4.3 $\alpha_T = D_{е.ц.} / (D_{р.ц.} + D_{е.ц.})$	4. Визначення: 4.1 Коефіцієнт технічної готовності: $\alpha_T = D_{е.ц.} / (D_{р.ц.} + D_{е.ц.})$ 4.2 Коефіцієнт переходу від циклу до год: $\eta = \frac{D_{роб.г}}{D_{ц}}$
5. Визначення річного пробігу автомобіля: $L_z = D_{роб.г} \cdot l_{cc} \cdot \alpha_T$	5. Визначення готовності пробігу автомобіля: $L_z = D_{роб.г} \cdot l_{cc} \cdot \alpha_T$

6. Визначення річної кількості ЩО, ТО-1, ТО-2	6. Визначення річного об'єму робіт: ТО, ПР, час/рік.
7. Вибір і корегування нормативних трудомісткостей $t_{\text{ЩО}}, t_{\text{ТО1}}, t_{\text{ТО2}}, t_{\text{ПР}}$	7. Визначення кількості постів ЩО, ТО, ПР.

Дослідження, що спрямовані на перевірку гіпотези про можливість визначення виробничої програми з ТО і ПР для підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, якщо прийняти за розрахунковий цикл пробіг автомобілів при виконанні повного комплексу регламентного ТО. При цьому необхідно враховувалися в кожному конкретному випадку простої автомобілів в ПР і вплив величини простоїв у ПР на загальні показники виробничої програми по ТО і ПР.

Значення трудомісткості ПР досліджуваного рухомого складу визначалися при пробігу:

- 0...200 тис. км для сідельних тягачів і самоскидів;
- 500...800 тис. км для сідельних тягачів (рис. 1);
- 400 ... 800 тис. км для самоскидів (рис. 2).

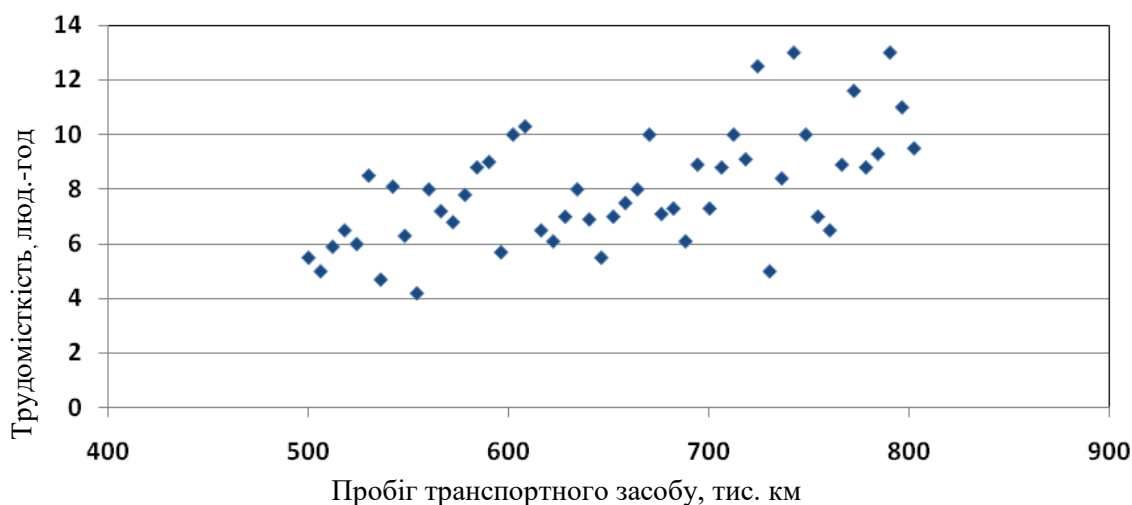


Рисунок 1 – Значення трудомісткості ПР при пробігу сідельних тягачів SCANIA GA

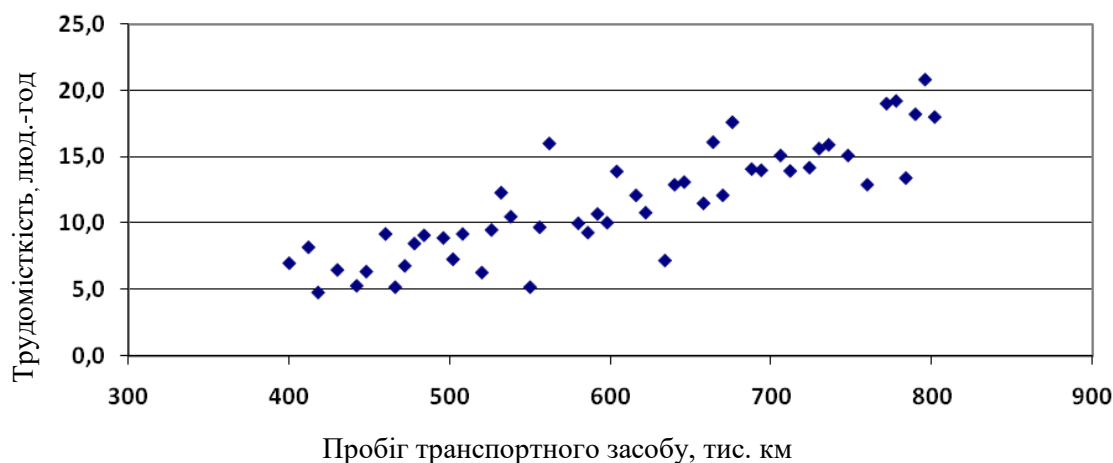


Рисунок 2 – Значення трудомісткості ПР при пробігу самоскидів SCANIA CB

На наступному етапі обробки бази даних застосовувався кореляційно-регресивний аналіз.

Параметри рівняння обчислюють рішення системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum xy^2 \end{cases} \quad (13)$$

Оцінка значущості кореляційних зв'язків здійснювалась за критерієм Стьюдента t . Обробка експериментальних даних проводилася на персональному комп'ютері, оснащеним процесором Intel Pentium M/Celeron M з допомогою пакета EXCEL для Windows XP. За результатами обробки експериментальних даних визначено кореляційні рівняння залежності трудомісткості ПР від величини пробігу з початку експлуатації автомобілів.

При пробігу (0,...200 тис. км):

- для сідельних тягачів: $y = 0,24 + 0,01289x - 0,0000048x^2$;

- для самоскидів: $y = 0,69 + 0,0173x - 0,0000062x^2$;

При пробігу (400...800 тис.км):

- для сідельних тягачів: $y = 10,051 - 0,021x + 0,000025x^2$;

- для самоскидів: $y = 8,212 - 0,019x + 0,00004x^2$;

Значення кореляційних зв'язків складає:

- для сідельних тягачів $\eta = 0,9728$

- для самоскидів $\eta = 0,9748$

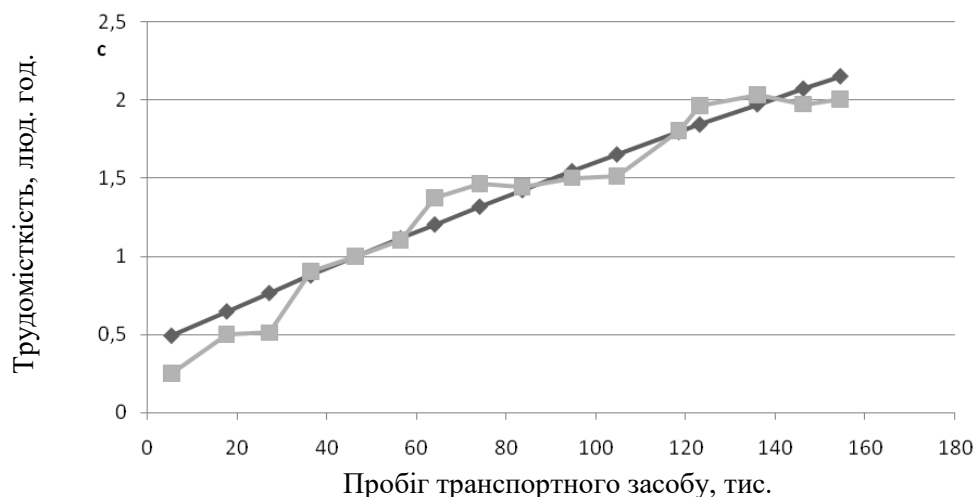


Рисунок 3 – Графік залежності трудомісткості ПР від пробігу з початку експлуатації (0,...,200 тис.км) для сідельних тягачів Scania: —◆— - теоретична лінія регресії; —■— - фактичні дані

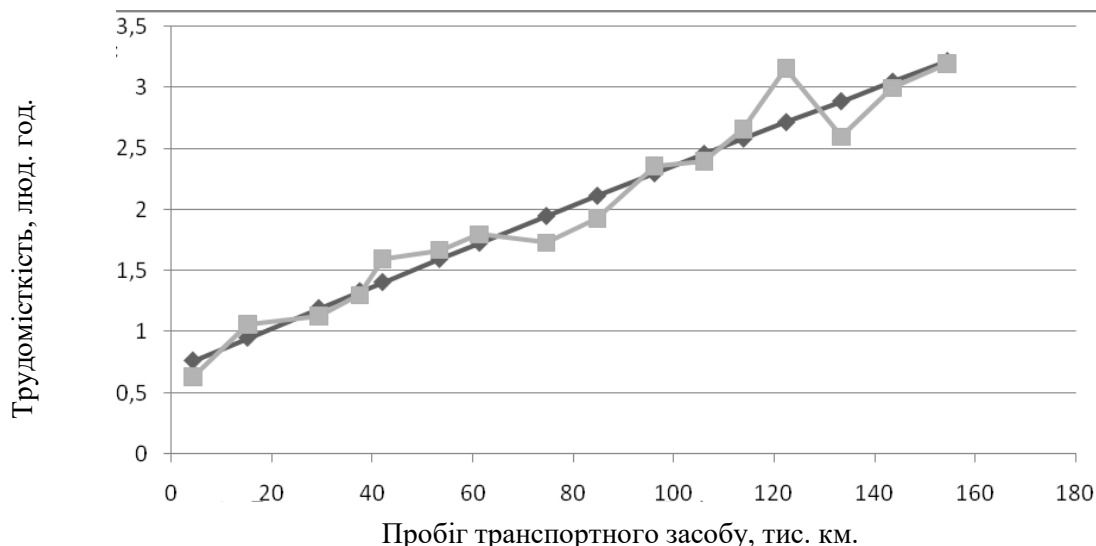


Рисунок 4 – Графік залежності трудомісткості ПР від пробігу з початку експлуатації (0...200 тис.км) для самоскидів Scania

Теоретичні лінії регресії при значних пробігах рухомого складу (0...100 тис. км) представлені на рис. 5.

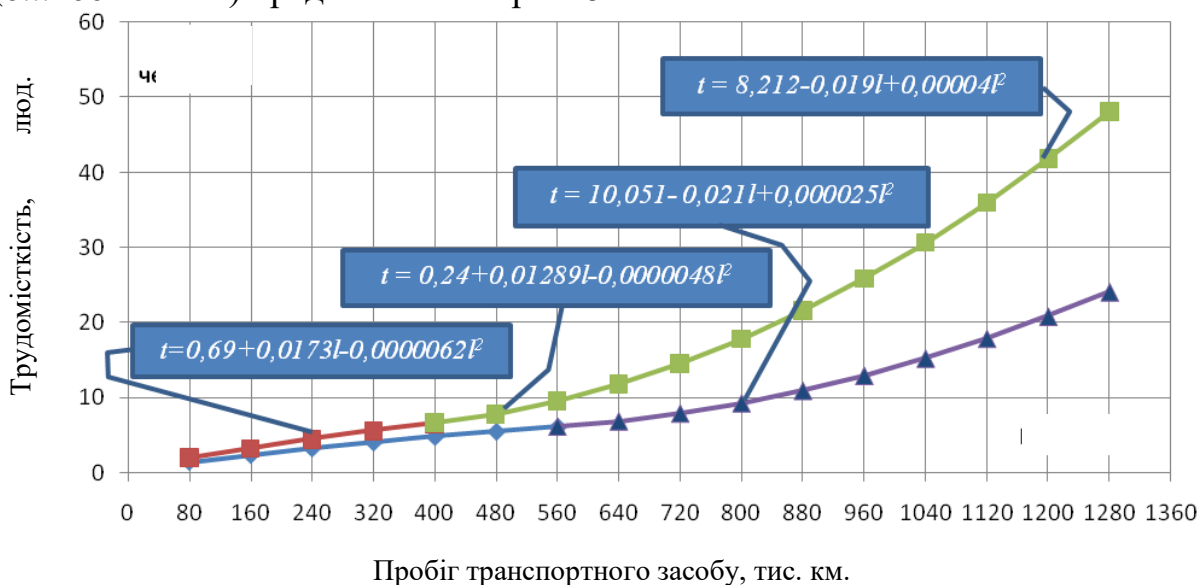


Рисунок 5 – Теоретичні лінії регресії при пробігу рухомого складу 0...1000 тис. км

В результаті проведених експериментальних досліджень були отримані графічні залежності зміни показників виробничої програми по ТО і ПР, а саме: тривалість розрахункового циклу; кількість розрахункових циклів у році; час простоїв в ТО без урахування ЩО_т; коефіцієнта технічної готовності (рис.6); річного пробігу автомобілів; річного обсягу робіт з ПР; кількість ЩО_т; часу простоїв в ЩО за рік; річного обсягу робіт з ТО.

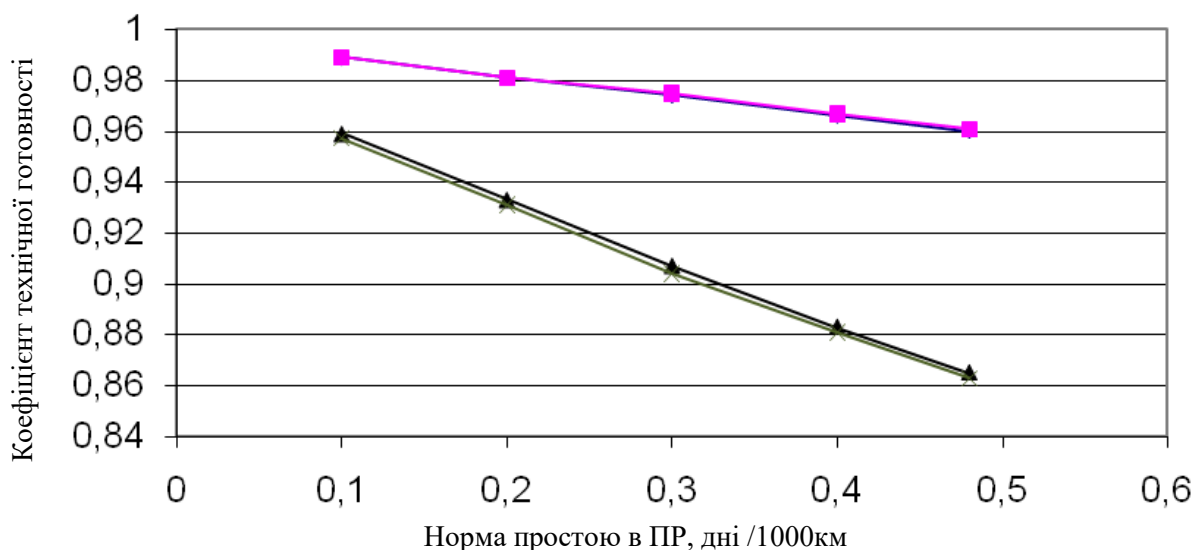


Рисунок 6 – Графік залежності коефіцієнта технічної готовності від норми простою в ПР: —◆— - Scania P114GA 6×4; —■— - Scania P114GA 4×4; —▲— - Scania P114 CB 6×4; —×— - Scania P114 CB 8×4.

Отримані залежності дають змогу визначити оптимальну величину часу простою автомобіля в ПР, що, в свою чергу, дозволяє перейти до розрахунку виробничої програм по ТО і ПР. Використовуючи одержані рівняння, можна визначити величину основного показника служби ТЕА підприємства – коефіцієнта технічної готовності. Графічний метод визначення коефіцієнта технічної готовності і відповідних йому пробігу автомобіля і трудомісткості ПР наведено на рис. 7 і 8.

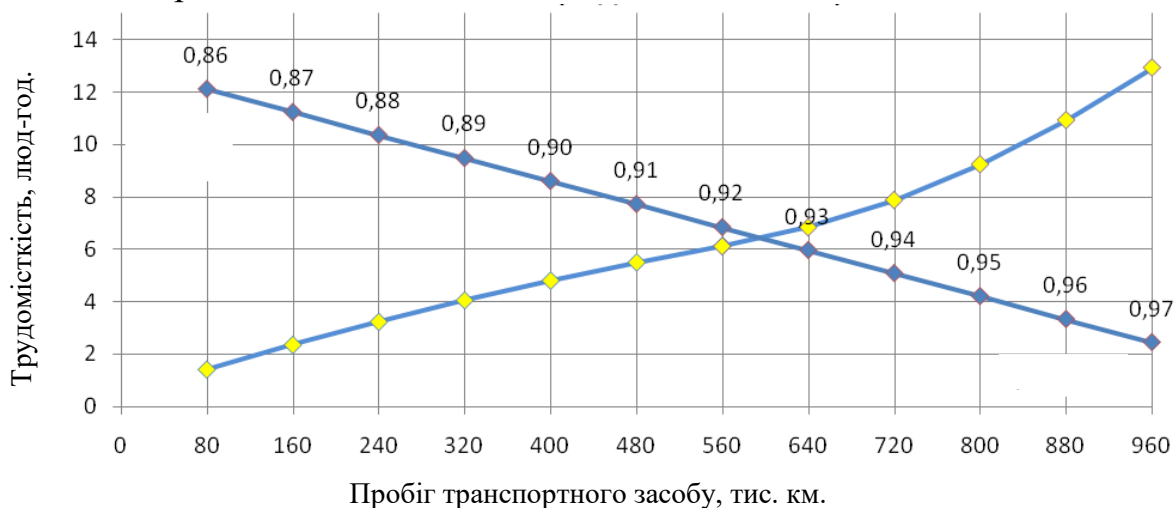


Рисунок 7 – Визначення величини коефіцієнта технічної готовності за пробігом для сідельних тягачів Scania

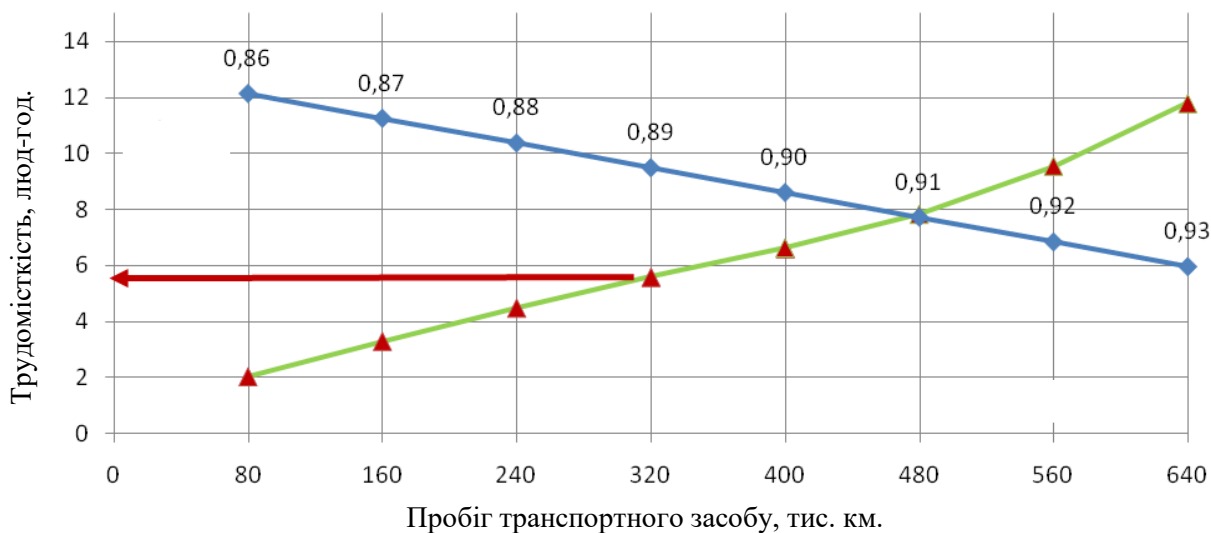


Рисунок 8 – Визначення величини коефіцієнта технічної готовності за пробігом для самоскидів Scania: ▲ - трудомісткість ПР; ◆ - коефіцієнт технічної готовності

У розробленій методиці визначення коефіцієнта коригування трудомісткості ПР залежно від пробігу з початку експлуатації рухомого складу проводиться за формулою (12). Графіки залежності значення цього коефіцієнта для сідельних тягачів і автомобілів самоскидів Scania, а також значення K_4 для вітчизняних автомобілів аналогів представлені на рис. 9. Чисельні значення наведені в табл. 3.

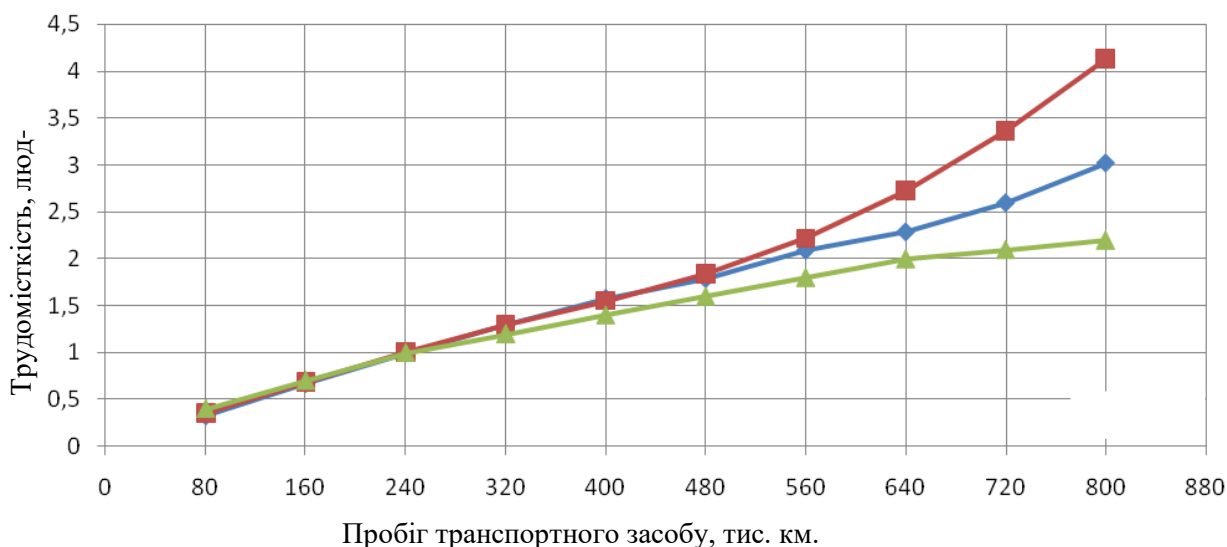


Рисунок 9 – Графіки залежності коефіцієнту коректування трудомісткості ПР в залежності від пробігу з початку експлуатації рухомого складу: ◆ - сідельні тягачі; ■ - самоскиди; ▲ - коефіцієнт K_4 .

Таблиця 3 – Коефіцієнт коректування трудомісткості ПР в залежності від величини пробігу з початку експлуатації $K_{\text{ПР}}$

Пробіг, тис. км	Сідельний тягач	Самоскид	K_4
80	0,329	0,351	0,4
160	0,676	0,686	0,7
240	1,0	1,0	1,0
320	1,302	1,293	1,2
400	1,582	1,551	1,4
480	1,797	1,839	1,6
560	2,094	2,215	1,8
640	2,291	2,723	2,0
720	2,601	3,361	2,1
800	3,025	4,13	2,2

Можливість визначення значення пробігу ефективної експлуатації по допустимому значенню трудомісткості ПР представлена на рис. 2.10 і 2.11.

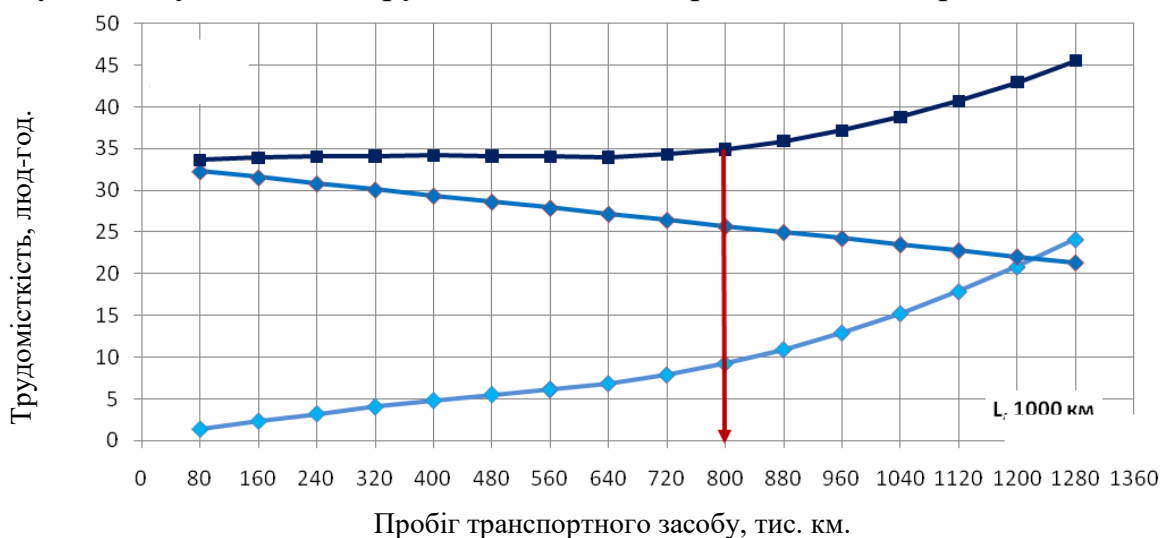


Рисунок 10 – Визначення величини пробігу ефективної експлуатації сідельних тягачів "Scania": — ромб — трудомісткість ПР; — ромб — трудомісткість ТО; — квадрат — сума ТО і ПР

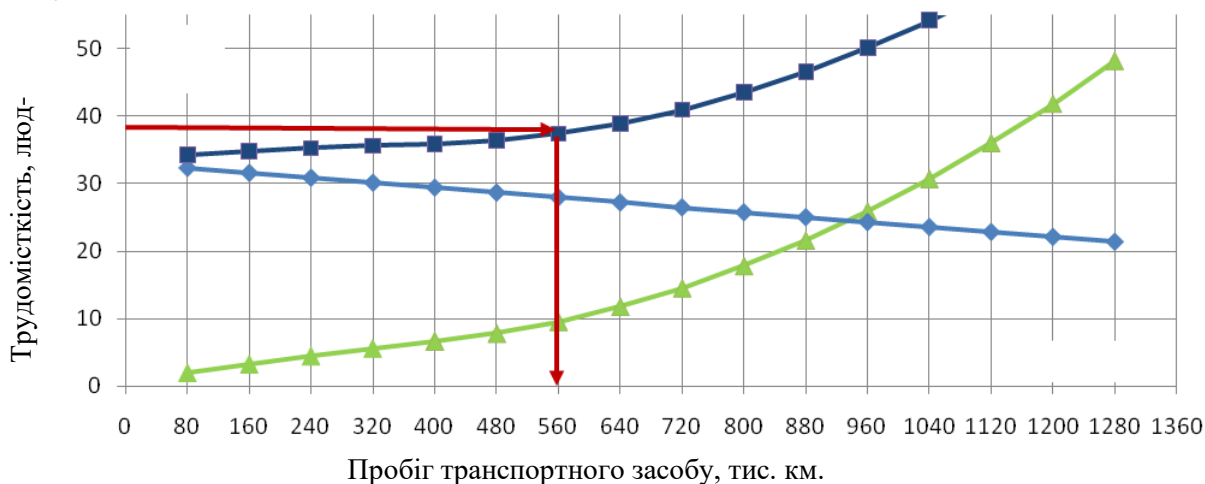


Рисунок 11 – Визначення величини пробігу ефективної експлуатації автомобілів самоскидів "Scania": — трикутник — трудомісткість ПР; — ромб — трудомісткість ТО; — квадрат — сума ТО і ПР.

Для переходу до визначення величини пробігу ефективної експлуатації за техніко-економічним критерієм досить помножити значення трудомісткості ТО і ПР на питому величину витрат на відповідний вид ТО і ПР і підсумувати зі значенням приведеної вартості автомобілів. Визначення ефективного пробігу експлуатації автомобілів «Scania» представлено на рис. 12, 13.

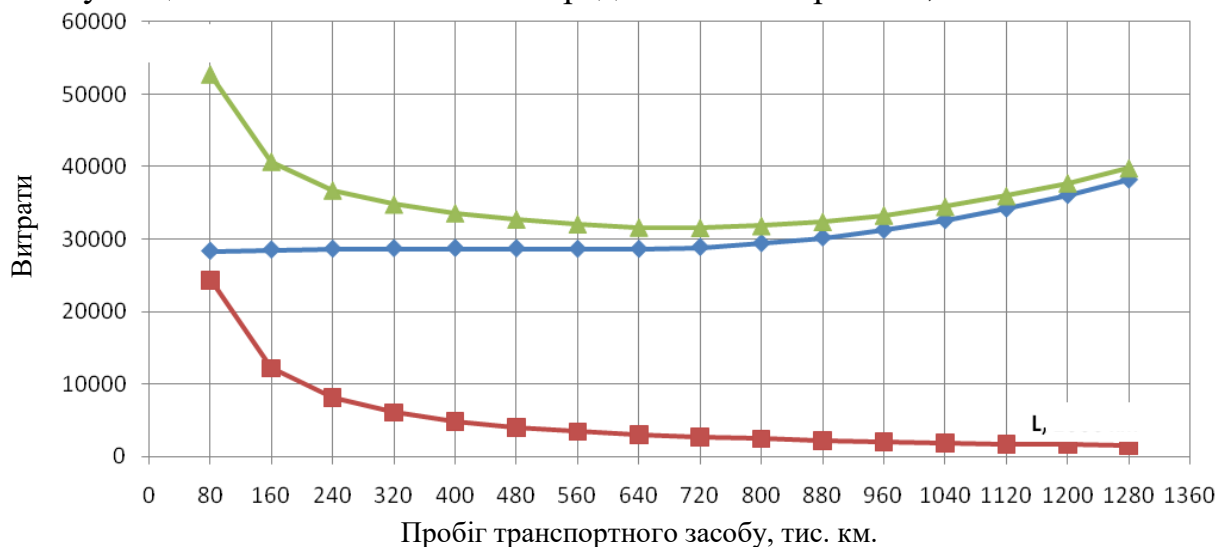


Рисунок 12 – Визначення ефективного пробігу експлуатації сідельного тягача "Scania": —◆— - затрати на ТО і ПР; —■— - питома вартість/1000км; —▲— - сума витрат

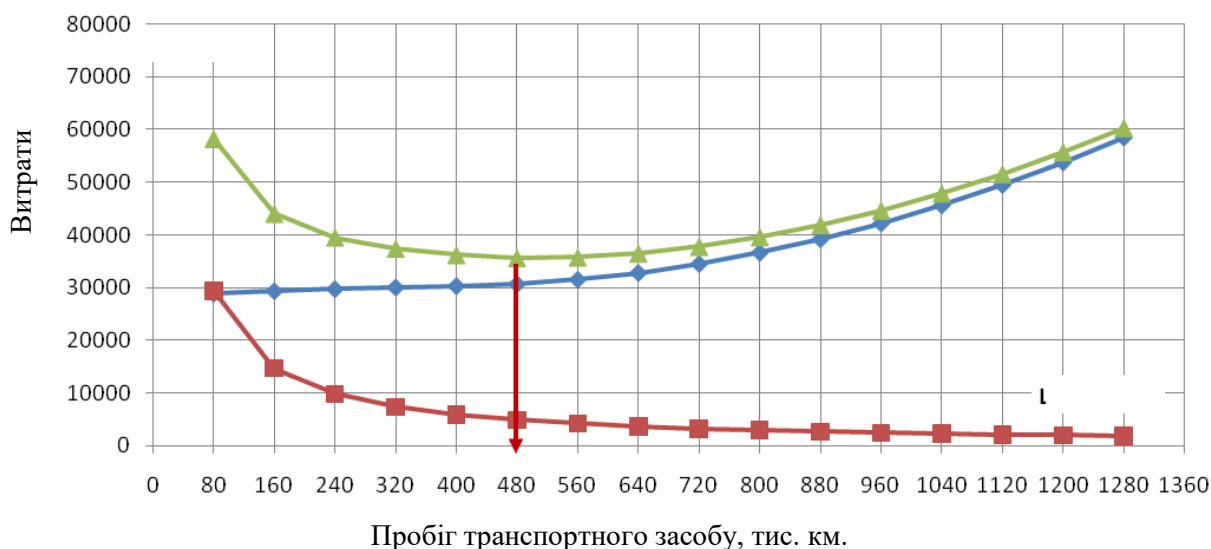


Рисунок 13 – Визначення ефективного пробігу експлуатації самоскидів "Scania": —◆— - витрати ТО і ПР; —■— - питома вартість/1000 км; —▲— - сума витрат

Результати розрахунку виробничої програми за відповідною програмою дослідження представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Кількість постів ТО (без постів ЩО_Т)

Норма простою в ПР, N_{TP} , днів/1000км				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,48
Сумарний час простоїв парку автомобілів в ТО за рік (без простоїв в ЩО _Т) в залежності від норми простою в ТР, з врахуванням коефіцієнта нерівномірності ϕ , год				
4942,6	4824,3	4712,1	4605,6	4524,2
Розрахункове число постів ТО (без постів ЩО _Т) $X_{ТО}$, в залежності від норми простою ПР				
1,27	1,24	1,21	1,18	1,16
Прийнято число ТО (без постів ЩО _Т)				
2				

Результати розрахунку загальних простоїв всіх автомобілів парку в ЩО_Т представлені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Сумарні простої в ЩО_Т парку і кількості постів ЩО_Т

Норма простою в ТР N_{TP} , дні/1000 км				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,48
Розрахункове число постів ЩО _Т , $X_{ЩОТ}$				
0,457	0,446	0,436	0,427	0,419
Прийняте число постів ЩО _Т				
1				

Результати розрахунку кількості постів ПР представлені в табл.6.

Таблиця 6 – Річні витрати роботи і кількість постів ПР

	Норма простою в ПР N_{PP} , днів/1000 км				
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,48
	Річний об'єм роботи ПР по кожній марці автомобілів t_{PPj}^P , в залежності від норми простою в ПР, люд.-год				
Scania P1114 GA 6×4 NZ 340	3370,34	3343,88	3317,84	3292,20	3271,97
Scania P1114 GA 4×2 NA 340	1685,46	1672,23	1659,2	1646,38	1636,26
Scania P1114 CB 6×4 HZ 340	7152,45	6952,35	6763,13	6583,94	6447,29
Scania P1114 GA 8×4 HZ 340	10454,77	10162,77	9886,65	9625,13	9425,67
Весь парк	Сумарні річні об'єми робіт ПР парку t_{PP}^R , люд.-год.				
	22663,02	22131,23	21626,82	21147,65	20781,18
	Розрахункове число постів ПР X_{PP}				
	5,37	5,25	5,13	5,01	4,93
	Прийняте число постів ПР				
6					