

# ВІСНИК

## КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



Наукові праці Кременчуцького державного політехнічного університету

Випуск 3/2006 (38) Частина 2



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Кременчуцький державний політехнічний університет**

# **В І С Н И К**

**Кременчуцького державного  
політехнічного університету**

**№ 3/2006 (38)  
частина 2**

- Природничі науки
- Гуманітарні науки
- Електромеханічні системи та автоматизація
- Електричні машини і апарати
- Енергетика та енергоресурсозбереження
- Діагностика в електромеханічних і енергетичних системах
- Інформаційні системи і моделювання
- Електронні апарати, комп'ютерна техніка і інформаційно-вимірювальні технології
- Нові технології в машинобудуванні
- Транспорт. Дорожні та будівельні машини
- Фізичні процеси гірничого виробництва
- Екологічна безпека
- Економічні та маркетингові дослідження виробничо-підприємницької діяльності
- Проблеми вищої школи
- Ювілейні дати
- Короткі повідомлення (листи до редакції)

**Кременчук – 2006**

**Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету:  
Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 3/2006 (38). Частина 2. - 166 с.**

Наукове видання, публікації в якому визначаються при захисті дисертаційних робіт з технічних наук (постанова президії ВАК України від 9.06.1999 року № 1-05/7).

Друкується за рішенням Вченої ради Кременчуцького державного політехнічного університету (протокол № 6 від 27.04.06 р.).

Свідоцтво про реєстрацію серії КВ № 3004 від 19.01.98 р.

Збірник публікує статті, які містять нові теоретичні та практичні результати в галузях технічних, природничих та гуманітарних наук.

**Редакційна рада:**

Андрусенко О.М., д.т.н., проф.; Аргамонов В.В., д.ф.-м.н., проф.; Воробйов В.В., д.т.н., проф.; Єлізаров О.І., д.ф.-м.н., проф.; Єфремов Е.І., д.г.н., член-кор. НАН України; Загірняк М.В., д.т.н., проф. (голова ради); Никифоров В.В., к.б.н., доц. (відповідальний секретар); Клепиков В.Б., д.т.н., проф.; Комір В.М., д.т.н., проф.; Луговой А.В., к.т.н., проф. (заступник голови); Маслов О.Г., д.т.н., проф.; Некос В.Ю., д.г.н., проф.; Оніщенко В.Г., д.с.н., проф.; Родькін Д.Й., д.т.н., проф.; Садовой О.В., д.т.н., проф.; Саленко О.Ф., д.т.н., проф.; Сокур М.І., д.т.н., проф.; Солтус А.П., д.т.н., проф.; Хоменко М.М., д.е.н., проф.; Шмандій В.М., к.ф.-м.н., проф.; Юрко О.А., д.т.н., проф.

© Науково-дослідна частина КДПУ, 2006 р.

**Відповідальний за випуск: Родькін Д.Й.**

---

Адреса редакції: 39614, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. Кременчуцький державний політехнічний університет. НДЧ, к. 3210.

Телефон: (05366) 3-62-17. E-mail: [nich@polytech.poltava.ua](mailto:nich@polytech.poltava.ua)

---

## Зміст

**ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АСИНХРОННЫХ, УПРАВЛЯЕМЫХ ПО РОТОРУ, ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ <i>Зеленов А.Б., Полилов Е.В., Шевченко И.С., Морозов Д.И.</i>	8
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ТРЕХУРОВНЕВЫМ ИНВЕРТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ С ОДНОСТОРОННЕЙ ШИМ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ <i>Сенько В.И., Макаренко Н.П., Андрианов А.А., Юрченко Н.Н.</i>	13
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ В АСИНХРОННОМ ТЯГОВОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ <i>Синчук О.Н., Полищук П.И., Черный А.П., Пасько О.В.</i>	17
РАЦИОНАЛЬНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ МЕТОДОМ N-і ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ <i>Садовой А.В., Дерез А.Л.</i>	21
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК <i>Михайличенко Д.А.</i>	23
МАГНІТНО-МЕХАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯВНОПОЛЮСНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ <i>Макарчук О.В., Ткачук В.І., Василів Р.К.</i>	29
ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ВАГОНІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА МАРШРУТІ <i>Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г.</i>	34
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ВЗАИМНОГО НАГРУЖЕНИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ВАЛОВ <i>Ломонос А. И.</i>	37
ИМПУЛЬСНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ <i>Чашко М.В.</i>	43
СИНТЕЗ АДАПТИВНОГО ФИЛЬТРА-НАБЛЮДАТЕЛЯ ДВУХФАЗНОГО СИГНАЛА <i>Потапенко Е.М., Потапенко Е.Е., Соломаха А.В.</i>	46
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ТРАНЗИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПИ СТАТОРА <i>Юхименко М.Ю., Гладырь А.И., Гомилко В.И.</i>	49
УЛУЧШЕНИЕ СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ЛОКОМОТИВОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССАХ РЕАЛИЗАЦИИ СИЛЫ ТЯГИ <i>Шапран Е.Н., Тасанг Э.Х.</i>	53

УДК 629.433

## ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ВАГОНІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА МАРШРУТІ

Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г.  
Вінницький національний технічний університет

**Вступ.** В зв'язку з тим, що на даний час майже всі управління електротранспорту мають проблеми з необхідною кількістю рухомого складу, постає питання щодо оптимального розподілу наявних машин по маршрутах, вирішувати яке потрібно з врахуванням таких моментів:

- 1) необхідно задовольнити потреби пасажирів з найбільш можливими якістю та комфортом;
- 2) правильно розрахувавши кількість машин, що знаходяться на тому чи іншому маршруті, можна зменшити витрати електроенергії, які безпосередньо пов'язані з роботою машин вхолосту (мінімальне заповнення вагонів), подовживши при цьому їхній термін експлуатації;
- 3) розв'язання даної задачі пов'язане зі складанням розкладів руху електротранспорту (задача вибору машин напряму пов'язана з задачею вирівнювання інтервалів руху між випусками маршруту).

Визначним із переліченого є, насамперед, надання пасажирам якісних та зручних послуг.

**Мета роботи.** Аналіз доступних літературних джерел показав, що даною проблемою на рівні міського господарства практично ніхто не займається, хоча актуальність її не викликає сумніву як на даний момент часу, так і на майбутній.

Задачею даної роботи є пошук оптимальної кількості трамваїв та тролейбусів на маршрутах міста з урахуванням максимально можливого комфорту перевезення пасажирів та наявного парку машин в трамвайно-тролейбусному управлінні.

**Матеріал та результати досліджень.** Визначення кількості машин рухомого складу на маршруті є досить складною задачею, яка може вирішуватись неоднозначно при наявності зовнішніх факторів.

Кількість рухомого складу розраховується по кожній годині доби окремо, але в деяких випадках цей інтервал може бути зменшено до 30 або 15 хвилин.

При впровадженні нових маршрутів або нових ліній попередня кількість вагонів визначається наближено із досвіду. Більш точну інформацію можна отримати, лише досконально дослідивши рух та пасажиропотік на даному маршруті впродовж тривалого проміжку часу. Для попереднього розрахунку кількості машин на маршруті потрібно мати лише інформацію про кількість пасажирів, які проїжджають в тому чи іншому напрямку в декількох основних точках маршруту, віддалених одна від одної на відстань 2-3 км. Такі дослідження пасажиропотоку дозволяють правильно розподілити рухомий склад ма-

шруту в залежності від різних факторів (часу доби дня тижня або сезону року) [1].

Пристосування руху міського електротранспорту до потреб пасажирів є дуже складною задачею, тому що кількість вагонів, що одночасно знаходяться на одному і тому ж маршруті, може змінюватись кожної години, щоб відповідати всім коливанням пасажиропотоку.

Для визначення та правильного складання розкладу руху потрібно, щоб у часи пік весь рухомий склад знаходився на маршруті. При розгляді ранкового періоду часу та передвечірнього (характеризуються найбільшим навантаженням на транспорт), спочатку визначається сумарний пасажиропотік всіх маршрутів та розраховується середнє навантаження на кожну одиницю транспорту (якщо місткість рухомого складу різна, то за одиницю приймається нормальна місткість машини з розрахунку 5-7 чол. на  $1 \text{ м}^2$ ; всі інші типи машин приводяться до цієї величини). Далі за цими даними визначається кількість машин на кожному з маршрутів, виходячи з наявної кількості робочих машин [1].

В денний період часу кількість пасажирів зменшується, тому кількість машин розраховується за нормами, які повинні забезпечувати зручність пасажирам. У даний період дня частина рухомого складу знаходиться в депо на ремонті або техогляді.

На вечірній період часу, коли пасажиропотік різко зменшується, кількість машин на маршруті визначається за допомогою максимально допустимого інтервалу руху [1].

Рух у вихідні дні істотно відрізняється від основного. У будній день чітко виражені два пікових навантаження ( $7^{00} - 9^{00}$  – на роботу; та  $17^{00} - 19^{00}$  – з роботи), у вихідний день максимумами перевезень припадають на середину доби (приблизно  $11^{00} - 19^{00}$  взимку та  $10^{00} - 21^{00}$  в літній період часу).

Для правильного регулювання кількості машин на маршруті спеціально введені різні типи випусків, кожен з яких виконує ту чи іншу роль в регулюванні руху міського електротранспорту. Розрізняють такі види випусків [2]:

- “наскрізні”, в яких бригади (водій та кондуктор) працюють в дві зміни, і машина знаходиться на маршруті від початку до закінчення роботи (можуть мати обідні перерви, в залежності від складності розкладу);
- “розривні”, в яких бригади працюють в дві зміни, але під час зменшення пасажиропотоку заходять в депо на техогляд або плановий ремонт в період

з 9<sup>30</sup> год. до 15<sup>30</sup> год. Перерва між змінами повинна бути не менша 2 год. та не більша 6 год. (не мають обідніх перерв);

– “однозмінні” – випускаються на ранковий або вечірній час пік для покращення якості перевезення пасажирів. Працюють лише одну зміну, весь інший час знаходяться в депо або на іншому маршруті (можуть мати обідні перерви, в залежності від складного розкладу).

Тривалість робочої зміни залежить від тривалості оборотного рейсу – може коливатися від 4 год. до 10 год. з урахуванням підготовчо-заключного часу (час, який виділяється водію для проведення підготовки машини до початку роботи та техогляд і на закінчення робочої зміни). Кількість двозмінних та однозмінних випусків не може бути встановлена за бажанням працівника, який складає розклад руху, а знаходиться в залежності від планової середньої тривалості роботи випусків на маршруті та середньої тривалості робочої зміни [1].

Середня швидкість на маршруті визначається за співвідношенням [1]:

$$V_c = \frac{Z}{t_{ob} - t_T}, \quad (1)$$

де  $Z$  – довжина маршруту;  $t_{ob}$  – час оборотного рейсу;  $t_T$  – час стоянки на кінцевих станціях.

Потрібна кількість вагонів на маршруті визначається за періоди доби, виходячи з пасажиропотоку, місткості машин та часу оборотного рейсу [1]:

$$N = \frac{P \cdot t_{ob}}{T \cdot m}, \quad (2)$$

де  $P$  – величина пасажиропотоку на найбільш завантаженої ділянці маршруту за визначений період;  $m$  – розрахункова ємність рухомого складу;  $T$  – період.

Мінімально допустимий інтервал між машинами маршруту складає три хвилини. З цієї умови можна визначити, що максимально допустима кількість машин на маршруті буде розраховуватися за формулою:

$$N_{max} = t_{ob}/3. \quad (3)$$

Тому граничними умовами для розрахунку кількості машин на маршруті будуть  $N_{min} = 1$  і  $N_{max}$ , що визначається формулою (3).

Інтервал між машинами на маршруті можна визначити за формулою:

$$\gamma_m = \text{round}(t_{ob}/N), \quad (4)$$

де  $\text{round}$  – функція, що відкидає дробову частину числа.

Використання останньої функції пояснюється тим, що інтервал руху між випусками маршруту повинен бути цілим числом для зручного складання розкладу руху вагонів на маршруті.

Для розрахунку максимально допустимого інтервалу використовується формула [1]:

$$J_m \leq l_{cp}/V_c, \quad (5)$$

де  $l_{cp}$  – середня довжина маршруту.

По можливості кількість машин на маршруті повинна бути така, щоб розрахунковий інтервал між машинами маршруту був якомога ближчий до цілого числа. Це робиться для того, щоб при розрахунку розкладу руху електротранспорту інтервал між машинами був однаковим, що є важливим елементом правильно розрахованого розкладу руху. Тобто в ідеальному випадку повинно бути  $t_{ob} \bmod N = 0$ . Така кількість машин на маршруті в час пік буде оптимальною з огляду на інтервал руху між випусками маршруту та зручністю пасажироперевезень. Так як в більшості випадків такої рівності з тої чи іншої причини досягнути неможливо, то потрібно вводити поправки розрахункової величини інтервалу руху між машинами на маршруті для досягнення рівномірності пасажироперевезень.

Дана проблема виникає за рахунок того, що інтервал руху визначається наближено, а при великій неузгодженості між дійсним та розрахунковим інтервалом виникає суттєва похибка при розрахунку розкладу руху.

Для вирішення цієї задачі можна застосувати метод, опис якого наведено нижче.

Спочатку розрахуємо коефіцієнт різниці розрахункового інтервалу та дійсного (він потрібний для визначення поправочного хвилинного коефіцієнту):

$$d = \text{round}(t_{ob}/N) - t_{ob}/N. \quad (6)$$

Вибираємо потрібну точність, з якою будуть проводитись розрахунки: зазвичай даний метод дає незначну похибку при нежорстких обмеженнях. Тому виберемо значення 0,1 хвилини, при якому можна забезпечити достатньо високу точність розрахунку.

Визначаємо поправочний хвилинний коефіцієнт  $i$ , який відображає через яку кількість машин потрібно змінити розрахунковий інтервал на одну хвилину:

$$i = \begin{cases} |d \cdot i| + 0.1 \geq 1, & \text{якщо } d > 0.1; \\ |d \cdot i| \geq 1, & \text{якщо } d < 0.1. \end{cases} \quad (7)$$

Далі вносяться поправки в розрахунковий інтервал кожної машини маршруту.

Даний метод не можна віднести до класу оптимальних для визначення інтервалів, але він є достатньо прийнятним та суттєво полегшує роботу оператора.

Нижче приведена частина коду, написаного на мові програмування Delphi, що може бути використаним для реалізації методу розрахунку інтервалів при вибраній кількості машин на заданому маршруті.

```
d := round(t_ob/km) - (t_ob/km); {визначення коефіцієнту d}
if d>0 then d:=-1
else d:=1;
for i:=2 to km do {визначення поправочного хвилинного коефіцієнта}
```

```

begin
  if abs(d)>0.1 then
    begin
      if abs(d*i)+0.1 >=1 then break
    end
  else
    if abs(d*i) >=1 then break
  end;
  if d>0 then d:=-1 else d:=1;
  d:=round(t_ob*2/km)+d; {визначення нового
виправленого інтервалу}
  for j:=1 to km do {внесення поправок у масив
інтервалів}
    if j mod i = 0 then Int[j]:=d
    else
      if round(t_ob*2/km)>3 then
        Int[j]:=round(t_ob*2/km)
      else Int[j]:=3,

```

де  $t_{ob}$  – тривалість оборотного рейсу;  $km$  – кількість машин на маршруті;  $d$  – коефіцієнт, який визначає розбіжність між розрахованим інтервалом та дійсним;  $i$  – поправочний хвилинний коефіцієнт;  $Int$  – масив в якому містяться інтервали руху між машинами;  $abs(\bullet)$  – процедура яка розраховує модуль числа;  $round(\bullet)$  – функція яка відкидає дробову частину числа.

Запропонований алгоритм використано в програмному комплексі „РОЗРАХУНОК РОЗКЛАДУ РУХУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ”, який розроблений для Вінницького підприємства „Трамвайно-тролейбусне управління” для забезпечення розрахунку розкладів руху міського електротранспорту.

Визначення поправочного хвилинного коефіцієнту виконується з точністю до 0,1 хвилини, що забезпечує достатньо високу точність розрахунків. Слід зауважити, що даний алгоритм доцільно використовувати лише при умові  $t_{ob} \bmod N \neq 0$ . Поправки можуть вноситись як в сторону збільшення інтервалу, так і в сторону його зменшення.

В окремих випадках кількість машин може визначатись працівником, відповідальним за рух електротранспорту, в залежності від тих чи інших параметрів та обставин.

Якщо кількість машин задається оператором вручну, тоді оператор повинен вказати кількість одностійних, двостійних та наскрізних випусків, а також їх приблизний час роботи в кожній зміні, який узгоджується з запланованою тривалістю робочої зміни та тривалістю перерв в роботі випуску, а також інші додаткові параметри руху маршруту.

При виникненні непередбачуваних обставин, кількість машин на маршруті може змінюватись диспетчерами. В такому випадку практикується відкомандування певної кількості машин з одного маршруту на інший.

**Висновки.** В даній роботі розглянуто принципи визначення кількості машин, необхідних для які-

сних пасажироперевезень за вибраним маршрутом з урахуванням параметрів руху маршруту. Створена модель для визначення оптимальної кількості машин рухомого складу з огляду на вирішення задачі складання розкладів руху електротранспорту. Запропоновано алгоритм вирішення задачі щодо вирівнювання інтервалів руху при вибраній кількості машин, який є важливою частиною задачі правильного складання розкладів руху. За рахунок вірно обраної кількості машин на маршруті можна знизити кількість споживаної електроенергії та витрати на ремонт машин, разом із тим надавши зручні та якісні послуги населенню міста при перевезенні пасажирів в міському електричному транспорті.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по составлению расписания движения и работы поездных бригад. – К.: Министерство жилищно-коммунального хозяйства УССР, 1980. – 68 с.
2. Мокін Б. І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г. Розробка розкладу руху електротранспорту // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – №3. С.35-38.

Стаття надійшла 20.04.2006р.  
Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.