

УДК 255:29.1

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З УСТАНОВЛЕНИМ ПНЕВМОДВИГУНОМ

М. М. Яцина

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: JacinaKoljan@mail.ru

Розглянуто умови роботи внутрішньозаводського транспорту та методику досліджень руху транспортного засобу з автономним джерелом живлення. Представлено результати проведених розрахунків і побудованих графіків та таблиць характеристик руху внутрішньозаводського транспорту. Визначено нормальне розподілення часу руху досліджуваних кар за всіма зазначеними циклами роботи та витрати потужності пневмодвигуна за різних режимів руху мобільного транспортного засобу. Встановлено, що обмеженість транспортного засобу полягає в автономному джерелі живлення, тому набуває проблема максимального використання стиснутого повітря від джерела автоматичного живлення, що може бути вирішена шляхом певних конструктивних рішень, як в конструкції пневмодвигуна, так і впровадженням нових керуючих вузлів при подачі та дозуванні стиснутого повітря, та дроселювання подачі стиснутого повітря в певні моменти роботи, що буде керуватись слідкуючим приладом багатопозиційної дії.

Ключові слова: тягово-швидкісна характеристика, пневматичні системи управління, пневмодвигун, пневмокар, високо енергоємні акумулятори, електромобіль, тягово-експлуатаційні характеристики.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С УСТАНОВЛЕННЫМ ПНЕВМОДВИГАТЕЛЕМ

Н. Н. Яцина

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: JacinaKoljan@mail.ru

Рассмотрены условия работы внутризаводского транспорта и методику исследований движения транспортного средства с автономным источником питания. Представлено результаты проведенных расчетов, построенных графиков и таблиц характеристик движения внутризаводского транспорта. Определено нормальное распределение времени движения исследуемых каров по всем указанным циклам работы и затраты мощности пневмодвигателя при различных режимах движения мобильного транспорта. Установлено, что ограниченность транспортного средства заключается в автономном источнике питания, поэтому возникает проблема максимального использования сжатого воздуха от источника автоматического питания, что может быть решено путем определенных конструктивных решений, как в конструкции пневмодвигателя, так и в внедрении новых управляющих узлов при подаче и дозировке сжатого воздуха, и дроселирования подачи сжатого воздуха в определенные моменты работы, что будет руководствоваться прибором многопозиционной действия.

Ключевые слова: тягово-скоростная характеристика, пневматические системы управления, пневмодвигатели, пневмокар, высокоэнергоемкие аккумуляторы, електромобиль, тягово-эксплуатационные характеристики.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Здебільшого в цехових умовах використовуються електрокари, однак не завжди їх використання є доцільним при певних умовах роботи, зокрема, у вибухонебезпечному середовищі. Також циклічність роботи транспортного засобу має свої особливості такі, як тривалий час зарядки акумуляторів порівняно із заправкою стислим повітрям балонів пневмомобіля. Узагалі недоліки електромобіля на дорозі ставлять його в невигідне становище перед пневмокаром. Особливо це помітно під час планової заміни устаткування, оскільки і АКБ, і пневмобалони мають обмежений термін роботи. Але, на відміну від електричного устаткування, пневмоапаратура має більший термін експлуатації, а також нижчу собівартість.

Аналіз попередніх досліджень. В об'ємних пневмодвигунах механічна робота здійснюється в результаті розширення стислого повітря в циліндрах поршневої машини, у турбінних — у результаті дії потоку повітря на лопатки турбіни (у першому випадку використовується потенційна енергія стислого повітря, в другому — кінетична енергія). Але, на відміну від поршневих і турбінних пневмодвигунів,

пневмодвигуни роторного типу мають дещо інший принцип дії. Крутячий момент що виникає на вихідному кінці ротора зумовлений силою стиснутого повітря, що діє на бічну поверхню та ексцентриситетом між робочим цільцем і ротором, що слугує плечем прикладення сил у даній кінематичній схемі.

Пневмодвигун отримав широке розповсюдження у всіх сферах людського життя, як на виробництві, так і в побуті. Пневмодвигуни застосовуються для приводу різних інструментів (дрилів, гайковертов, відбійних молотків, шліфувальних голівок), забезпечуючи безпеку роботи у вибухонебезпечних місцях (зі скупченням газу, вугільного пилу), у середовищі з підвищеним вмістом вологи [1].

Пневмодвигуни разом з електричними і гідравлічними системами є одним з найбільш ефективних засобів автоматизації і механізації виробничих процесів. Досить сказати, що в найбільш розвинених капіталістичних країнах близько 90 % усіх автоматизованих процесів оснащено пневморушійми [1].

Оснащення пневмодвигунами машин і устаткування складає (від загального випуску): пакувальних машин – до 90 %; зварювальних і ливарень машин –

до 70 %; автоматичних маніпуляторів – до 50 %; ковальсько-пресових машин болем 40 %; вугледобувних машин – більше 30 %; прального устаткування – до 40 %; текстильних і взуттєвих машин, деревообробного і харчового устаткування – 20 % [1].

Переваги пневмодвигунів особливо виявляються при механізації і автоматизації наступних найбільш масових операцій: затиску деталей, їх фіксації, кантуванні, складки, контролі лінійних розмірів транспортуванні, упаковці і інших, що дозволяє виключити або звести до мінімуму участь людини у важких і монотонних роботах, при цьому продуктивність праці на цих операціях зростає у 1,5–4 рази [1].

Перед усім – це основа для деяких будівельних інструментів, але пневматичний привод широко застосовується і в автомобілебудуванні, в основному, в якості привода гальмівної системи вантажних машин. Та ідея про те, що двигун на стиснутому повітрі здатний в одинці рухати автомобіль, хвилює конструкторів уже давно.

На даних автомобілях зарядка балонів займає 5,5 годин, але ця машина отримує свободу від компресорних станцій. Запас ходу цих машин на одній заправці – 200 кілометрів в міському режимі, потужність двигуна більше 25 кінських сил.

Хоча на міських дорогах автомобілі з двигуном внутрішнього згорання беруть вгору, але для внутрішньоцехових перевезень пневмомобілі є кращим вирішенням питання чистоти довкілля. Розширення взаємодії Європейської асоціації з міжнародними структурами і зокрема робочими групами ООН з транспорту, газу, екології, енергетики і так далі.

Мета роботи – розробити методику дослідження умов роботи транспортного засобу з автономним джерелом живлення, що використовується для внутрішньоцехових перевезень.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

При використанні внутрішньоцехового транспорту враховуються всі фактори його використання та режими експлуатації, що безпосередньо пов'язані з режимами роботи водіїв. Основним показником мобільного транспортного засобу є запас ходу ($L_{тр}$) та динаміка руху транспортного засобу (швидкість – V та прискорення – a).

Запас ходу транспортного засобу повинен розраховуватись на довжину пробігу, який проходить мобільний транспортний засіб за пів зміни з урахуванням простою транспорту під час завантаження та розвантаження перевезеного вантажу. Так, часу обідньої перерви працівника повинно вистачати на повну заправку пневмобалонів для подальшої роботи мобільного транспортного засобу. Дослідний внутрішньоцеховський транспорт в середньому робить близько 25 рейсів, довжина якого становить близько 400 м, що загальним пробігом становить 10 000 м, при цьому ураховується фактор холостого пробігу на зворотньому шляху рейсу.

Також, як було зазначено, показником є режими руху мобільного транспортного засобу, а саме режим розгону, режим встановленого руху та режим

гальмування, які повністю відображають прискорення транспортного засобу при всіх умовах експлуатації. До умов експлуатації належать дорожнє покриття, кути нахилу опорної поверхні та перешкоди на шляху руху.

Траєкторія руху внутрішньоцеховського транспорту складається з рівних ділянок «І» та криволінійних ділянок «J» з радіусом заокруглення R (рис. 1).

Для встановлення повної характеристики траєкторії руху мобільного транспортного засобу створюємо матрицю, в якій відображається ділянка «І» з різними значеннями L та значеннями R при різних значеннях α° . Таким чином, траєкторію руху транспортного засобу можна представити у вигляді

$$T = \Delta_L + \Delta_{R+\alpha}, \tag{1}$$

де T – траєкторія руху, Δ_L – сумарна матриця прямолінійних ділянок руху різної довжини, $\Delta_{R+\alpha}$ – сумарна матриця криволінійних ділянок з різними радіусами заокруглення та кутом сектора повороту.

Таким чином отримуємо вираз для визначення траєкторії:

$$T = \begin{vmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ L_4 & L_5 & L_6 \\ L_7 & L_8 & L_9 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} R_1 \alpha_1^\circ \\ R_2 \alpha_2^\circ \\ R_3 \alpha_3^\circ \end{vmatrix}. \tag{2}$$

Сума матриць Δ_L і $\Delta_{R+\alpha}$ описує лише траєкторію руху мобільного засобу, але не враховує умови експлуатації та масу перевезеного вантажу, що є важливим аспекти методики дослідження транспортного засобу.

Тому, треба зазначити, що повна маса дослідного мобільного транспортного засобу становить 1000 кг., а маса повезеного вантажу в середньому становить 500 кг. Таким чином, загальна маса перевезеного вантажу в інтервалі між заправками становить 12500 кг.

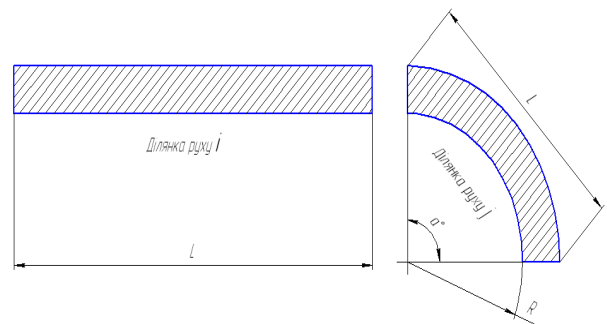


Рисунок 1 – Ділянки траєкторії руху мобільного транспортного засобу

Важливим фактором при дослідженні руху мобільного транспортного засобу є також можливість подолання перешкод, підйомів і спусків (рис. 2).

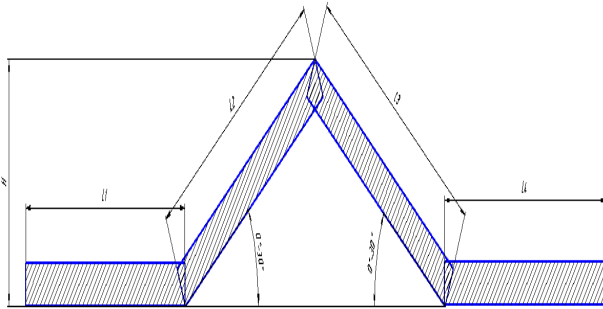


Рисунок 2 – Схема подолання підйомів та спусків

На рис. 2 зображено чотири ділянки руху:

– L1 та L4 – ділянки руху по горизонтальній поверхні. На цих ділянках руху враховуються лише рівень і тип дорожнього покриття та кліматичні умови, що впливають на опорну поверхню та пляма контакту шини.

– L2 – ділянка руху мобільного транспортного засобу на підйомі при $\angle \alpha = 0^\circ - 30^\circ$. Необхідно враховувати, що при підйомі збільшується сила опору розгону та змінюється пляма контакту шини в залежності від значення кута α .

– L3 – ділянка руху мобільного транспортного засобу при спуску на $\angle \alpha = 0^\circ - 30^\circ$. На даній ділянці можливе використання гальмівної системи, що також має великий вплив на загальну картину режимів руху та визначення витрати повітря, так як на ділянках спуску спостерігається значне зниження витрати повітря, що пов'язане з інерційними силами які співпадають з напрямком руху мобільного транспортного засобу.

По вище викладеному можна визначити шляхи подальшого удосконалення рушія на основі ймовірних характеристик руху мобільного транспортного засобу з автономним джерелом живлення, що здебільшого використовується як транспортний засіб, що працює в характерних умовах, а саме: екологічно чистих середовищах (паркових зонах), вибухонебезпечних середовищах (малярні цеха, приміщення з ймовірною загазованістю та на нафтопереробному виробництві), а також, як кара для внутрішньозаводських перевезень..

Для визначення основних характеристик роботи внутрішньозаводського транспорту та умов його експлуатації було проведено збір даних по руху карів на базі п'яти робочих циклів кожного транспортного засобу. Результати досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – характеристики руху внутрішньозаводського транспорту

№ транспорту	№ циклу	Довжина Рейсу, (м)	Маса вантажу, (кг)	Час руху, (с)	Час гальмування, (с)	Максимальна швидкість, (м/с)	Середня швидкість, (м/с)
1	1	410	550	105	3,4	4,5	3,9
	2	398	500	117	3,1	4,3	3,4
	3	411	600	152	3,6	3,3	2,7
	4	255	550	85	3,2	4,0	3,0
	5	418	600	131	3,1	3,9	3,2
2	1	239	430	103	3,0	2,9	2,3
	2	343	400	114	3,4	3,5	3,0
	3	318	430	117	3,1	3,2	2,7
	4	352	430	103	3,6	4,0	3,4
	5	348	430	105	3,6	4,0	3,3
3	1	318	430	117	3,1	3,2	2,7
	2	418	480	104	4,1	4,8	4,0
	3	405	480	101	3,9	4,6	4,0
	4	408	550	124	3,5	3,7	3,3
	5	410	550	105	3,9	4,5	3,9
4	1	410	600	33	157	3,2	3,4
	2	343	400	31	114	3,3	3,5
	3	318	430	29	117	3,0	3,2
	4	352	430	29	103	3,9	4,0
	5	348	430	30	105	3,9	4,0

Так, на основі зафіксованих результатів характеристик руху, що наведені у табл. 1 визначемо дисперсію для подальшого визначення закону розподілення, з чого видно, що $\sigma_{заг} \approx \sigma_1 \approx \sigma_2 \approx \sigma_3 \approx \sigma_4$ [1], а так як розсіювання значення максимальної швидкості знаходиться у п'ятивідсотковому полі, а саме 2,3 %, то можна зробити висновки, що дана величина підпорядковується нормальному закону розподілення. А значить, що для подальшого розрахунку можна прийняти середнє значення параметрів.

Розглянемо нормальне розподілення часу руху досліджуваних кар по всім зазначеним циклам роботи. Побудова виконується за допомогою графічної програми StatGraphics Plus v5.1 Enterprise (рис. 3).

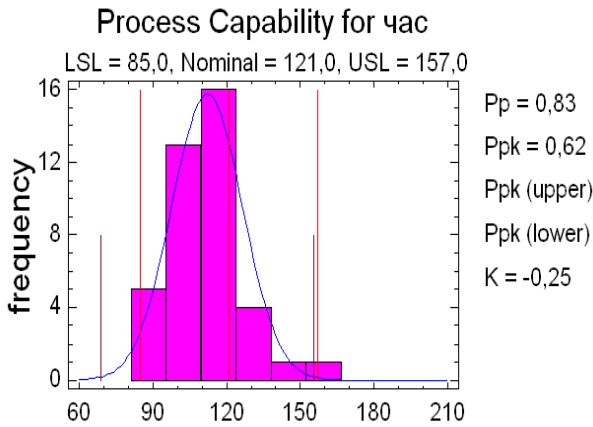


Рисунок 3 – Розсіювання значень часу роботи кари по розглянутим циклам

Особливістю роботи пневматичного інструменту є те, що запас повітря необмежений та працює при нетривалих циклах, а в пневмоприводі мобільного пристрою працює більш тривало та має великі навантаження у фазі розгону і дещо менші у фазі встановленого режиму руху. А значить, при такому режимі роботи постає питання надійності, а в умовах обмеженого запасу повітря і запас ходу кари від заправки до заправки.

На основі таких модифікацій постало завдання виконати тягово-швидкісний розрахунок, задавшись початковими даними.

Результатом проведених розрахунків стало отримання різних графіків і таблиць, зокрема один з них представлено в даній статті. Як ми бачимо, графік витрати потужності пневмодвигуна при різних режимах руху мобільного транспортного засобу є наглядним і може використовуватись при порівнянні різних видів двигунів.

Транспортний засіб досягнувши швидкості $V = 4$ м/с зникає сила опору розгону P_j , а значить, необхідна потужність N_k при подальшому русі транспортного засобу зменшиться на N_j . Так, на основі даних в табл. 1 будемо графік затрати потужності при режимах руху мобільного транспортного засобу (рис. 4), попередньо порахувавши потужність опору розгону N_j при швидкості $V = 4$ м/с.

У режимах руху транспортного засобу I і II реальні витрати потужності та ідеалізовані не співпадають, а в режимі III відбувається повне співпадіння. В режимі II графік 2 [1] відрізняється від графіка 1 тому, що в ідеальному процесі падіння відбувається миттєво, а в реальному стані існує залишковий момент інерції мас при розгоні, що й відображає саме таке падіння використаної потужності.

Однак, кількість витраченого повітря не зменшується при даному падінню потужності у зв'язку з

тим, що діаметри впускних отворів залишаються незмінними.

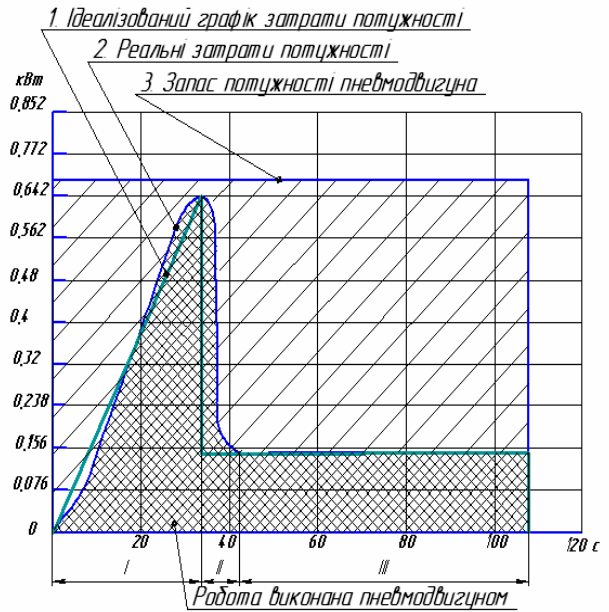


Рисунок 4 – Витрати потужності пневмодвигуна при різних режимах руху мобільного транспортного засобу з автономним джерелом живлення

ВИСНОВКИ. Обмеженість транспортного засобу полягає в тому, що має автономне джерело живлення, тому набуває проблема максимального використання стиснутого повітря від джерела автоматичного живлення, що може бути вирішена шляхом певних конструктивних рішень, як в конструкції пневмодвигуна, так і впровадженням нових керуючих вузлів при подачі та дозуванні стиснутого повітря. Таким чином, для збільшення енергоефективності пневморушії необхідно проводити дроселювання подачі стиснутого повітря в певні моменти роботи, що буде керуватись слідкуючим приладом багатопозиційної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герц. Е.В. Пневматические приводы. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1969. – 359 с.
2. Герц Е.В. Пневматически приводы. – М.: Машиностроение, 1969. – 322 с.
3. Гришкевич А.И. Автомобиль. Теория. – М.: Машиностроение, 1986. – 186 с.

**SUBSTANTIATION OF MOVEMENT RESEARCH TECHNIQUES
OF TRANSPORT PNEUMATIC VEHICLES**

M. Yatsyna

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pervomayska, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: JacinaKoljan@mail.ru

This article examines the operation conditions of in-factory transport equipped with autonomous power supply source. The results of calculations performed, diagrams and tables of movement characteristics obtained for in-factory transport are also presented. The author has defined the normal travelling time distribution for the cars studied throughout all the operation cycles specified and power expenditure of pneumoengines at various motion modes of mobile transport. It is determined that limitation of a transport vehicle is resulted from the autonomous power supply source. That is why the problem of maximum use of compressed air from the autonomous supply source raises, which can be solved by the number of constructive solutions implemented both in a pneumoengine design and introduction of new operating units controlling the compressed air input and metering. Another handling of the problem is a throttle control of compressed air input in the operation time points defined regulated by a multiposition action device.

Key words: traction-speed characteristics, pneumatic control systems, pneumatic engines, pneumocar, electromobile.

REFERENCES

1. Gerts E.V. *Pnevmaticheskie privody*. Teoriya i raschet [Pneumatic drives. Theory and calculation]. – Moscow: Mashinostroenie, 1969. – 359 p. [in Russian]
2. Hertz E.B. *Pnevmaticheskie dvigateli* [Pneumatic engines]. – Moscow: Mashinostroenie, 1969. – 322 p. [in Russian]
3. Gryshkevuch A.I. *Avtomobili. Teoriya* [Automobiles. Theory.] – Moscow: Mashinostroenie, 1986. – 186 p. [in Russian]

Стаття надійшла 04.02.2013.