

$$f \geq \frac{Mg \sin \alpha}{3(Q + Mg \cos \alpha)} \frac{2k}{3r}. \quad (20)$$

Зависимости W_c и f от α показаны на рисунке 2б.

Вывод. Анализ проведенных расчетов и графиков на рисунке 2 позволяет сделать следующие выводы:

- на ускорение цилиндра, скатывающегося с наклонной не гладкой поверхности при линейном и точечном контактах и прижимающегося силой веса сопротивление качению практически не сказывается в отличие от прижатия безмассовой силой, где учет сопротивления качению приводит к значительным изменениям как ускорения, так и минимальной величины коэффициента скольжения, при котором происходит качение без скольжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронков И.М. Курс теоретической механики. М.: Наука, 1964.
2. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. М.: Машиностроение, 1969.
3. Tabor D. The mechanism of rolling friction: the elastic range. – Proc.Roy.Soc., 1955.
4. Бондаренко Л.М., Довбня М.П., Ловейкін В.С. Деформаційні опори в машинах.- Дніпропетровськ: Дніпро – VAL, 2002.
5. Справочник по кранам: В 2 т. Т2 / Александров М.П., Гохберг М.М., 6. Ковин А.А. и др. Л.: Машиностроение, 1988.
6. Лагошная Е.А., Лагошный А.Ю., Симоненко А.И. Исследование устойчивости движения автомобиля со всеми управляемыми осями // «The development of Informational and Resource Providing of Science and Education in the Mining and Metallurgical and the Transportation Sectors 2016.-Днепропетровск.-2016.
7. Ходос О.Г, Пучков А.И, ЛитвинВ.В. Повышение устойчивости движения рельсового транспортного средства // Наукові праці ДонНТУ Вип.42.-2002.
8. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Матвеев В.В. – Киев: Наук. думка, 1988.

УДК 656

МАРКОВСЬКА МОДЕЛЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПРОМИСЛОВИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

А.О. Логінова¹, І.В. Вернер², О.А. Ольховик³

¹кандидат технічних наук, асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: An.O.Loginova@gmail.com

²асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: dkhost@gmail.com



³магістр групи 103м-17-2, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: helen.olkhovik@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто основні етапи побудови і аналізу моделей масового обслуговування на прикладі промислової транспортної системи, що являє собою дві послідовно встановлені транспортні машини. А саме виконано: постановку задачі і опис функціонування транспортної системи, що розглядається; побудову графу станів системи і розмітка його ймовірностями переходів з одного стану в інший; отримання і вирішення системи рівнянь для стаціонарного режиму; розрахунок числових характеристик транспортної системи, що визначають показники роботи системи.

Ключові слова: марковська модель, випадкові процеси, граф станів.

MARKOV MODEL OF WORKING PROCESS OF INDUSTRIAL TRANSPORT SYSTEMS

Anastasia Loginova¹, Ilya Verner², Helen Olkhovik³

¹Ph.D., Assistant Professor of Machinery Design Bases Department, National Mining University, Dnipro, Ukraine e-mail: An.O.Loginova@gmail.com

²Assistant of Machinery Design Bases Department, National Mining University, Dnipro, Ukraine e-mail: dkhost@gmail.com

³Student, National Mining University, Dnipro, Ukraine, e-mail: helen.olkhovik@gmail.com

Abstract. The article considers the main stages of construction and analysis of mass service models on the example of the industrial transport system, which is two successively installed transport vehicles. Namely done: task setting and description of the functioning of the considered transport system; constructing the graph of states of the system and marking its probabilities of transitions from one state to another; obtaining and solving the system of equations for stationary mode; calculation of numerical characteristics of the transport system, which determine the performance of the system.

Keywords: markov model, random processes, state graph.

Вступ. Наявність транспортних систем є характерною для будь-якої сфери промисловості, для цього використовуються так звані транспортні машини, однією з найбільш поширеною з яких є конвейери. Конвейери набули широкого застосування в гірничій, металургійній, хімічній, аграрній, харчовій так ін. промисловостях.

Переваги конвеєрів: безперервність переміщення вантажів, завантаження і розвантаження без зупинок, висока продуктивність, велика довжина транспортування, високий ступінь автоматизації, забезпечення умов безпеки праці, високі техніко-економічні показники.

В даній роботі розглядається промислова транспорту систему, що яв-

ляє собою мережу промислових транспортних машин. При цьому конструкційне виконання машин не є важливим.

Мета роботи: побудова марківської моделі, що визначає фактичну продуктивність ($Q_{\text{факт}}$) транспортної системи, що складається з двох послідовно встановлених промислових транспортних машин (далі машини).

Матеріали та результати досліджень. В роботі приймаємо допущення, щодо надійності роботи транспортної системи:

- 1) стаціонарність – процес виходу з ладу транспортної системи є однорідним у часі. Це означає, що середня кількість поломок машин за одиницю часу є незмінною протягом всього часу експлуатації.
- 2) ординарність – обидві машини не можуть одночасно вийти з ладу.
- 3) відсутність післядії – кількість поломок, що необхідно полагодити за інтервал часу Δt , залежить від величини цього інтервалу і не залежить від того скільки було поломок в попередній інтервал часу Δt .

Будемо оперувати наступними позначеннями:

- 1) вхідний грузопоток до транспортної системи – Q , т/год;
- 2) інтенсивність відмов (поломок) машин – λ відмов за годину;
- 3) інтенсивність обслуговування (ремонт) машин – μ полагоджень за годину.

Виходимо з того, що вихід з ладу однієї з машин призводить до зупинки всієї транспортної системи, до її полагодження. Відповідно, друга машина під час ремонту першого не може вийти з ладу. У відповідності до умови ординарності одночасний вихід з ладу двох машин також є неможливим. Таким чином, ми розглядаємо замкнену одноканальну систему, що може знаходитися в наступних станах: обидві машини є в робочому стані ($S_{0,0}$); перша машина вийшла з ладу ($S_{1,0}$); друга машина вийшла з ладу ($S_{0,1}$).

На основі наведених припущень і висновків побудуємо граф станів транспортної системи (Рис.1).

Виходячи з того, що в початковий момент часу t система знаходиться в одному зі станів з ймовірністю $P_{ij}(t)$, відповідно до розміченого графу станів системи представленого на Рис. 1 знайдемо рівняння для кожного зі станів системи в момент $t + \Delta t$.

Таким чином, для стану $S_{0,0}$ маємо:

$$P_{0,0}(t + \Delta t) = P_{0,0}(t)(1 - 2\lambda\Delta t) + P_{0,1}(t)\mu\Delta t + P_{1,0}(t)\mu\Delta t;$$

для стану $S_{1,0}$

$$P_{1,0}(t + \Delta t) = P_{1,0}(t)(1 - \mu\Delta t) + P_{0,0}\lambda\Delta t;$$

для стану $S_{0,1}$

$$P_{0,1}(t + \Delta t) = P_{0,1}(t)(1 - \mu\Delta t) + P_{0,0}\lambda\Delta t$$

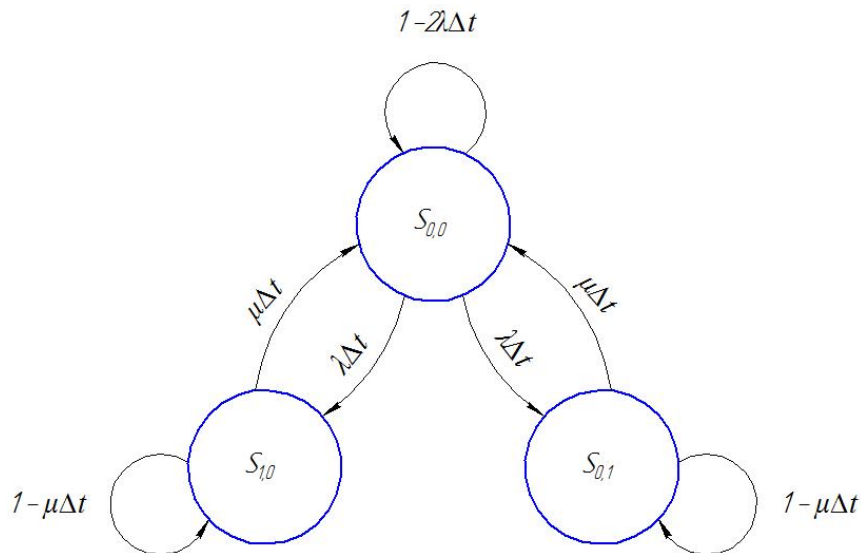


Рис. 1. – Граф станів промислової транспортної системи, що складається з двох послідовно встановлених транспортних машин.

В результаті математичних перетворень отримуємо для ймовірностей системи наступну систему диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\begin{cases} \frac{dP_{0,0}(t)}{dt} = -2\lambda P_{0,0}(t) + \mu P_{0,1}(t) + \mu P_{1,0}(t), \\ \frac{dP_{1,0}(t)}{dt} = -\mu P_{1,0}(t) + \lambda P_{0,0}(t), \\ \frac{dP_{0,1}(t)}{dt} = -\mu P_{0,1}(t) + \lambda P_{0,0}(t). \end{cases} \quad (1)$$

Перейдемо до розгляду стаціонарного режиму функціонування системи, тобто такого, коли ймовірності станів не змінюються в часі:

$$P_{i,j}(t) = P_{i,j} \text{ и } \frac{dP_{ij}}{dt} = 0$$

Для стаціонарного режиму отримаємо систему диференціальних рівнянь Колмогорова із умовою нормування:

$$\begin{cases} -\mu P_{0,1} + \lambda P_{0,0} = 0, \\ -\mu P_{1,0} + \lambda P_{0,0} = 0, \\ P_{0,0} + P_{1,0} + P_{0,1} = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Вирішуючи систему рівнянь (2) знаходимо:

$$P_{0,0} = \frac{\mu}{\mu+2\lambda};$$

$$P_{0,1} = P_{1,0} = \frac{\lambda}{\mu+2\lambda}.$$

Знаючи ймовірності справного і несправного стану транспортної системи можемо розрахувати фактичну продуктивність транспортної системи

($Q_{\text{факт}}$), що визначається початковим вантажопотоком та вірогідністю справно-го стану системи, тобто дорівнює

$$Q_{\text{факт}} = QP_{0,0} = Q \frac{\mu}{\mu + 2\lambda}$$

Висновок. Використовуючи прикладну задачу ймовірнісного моделювання реальної промислової системи було показано можливість і репрезентативність побудови саме марковських моделей із графом станів системи, що розглядається. Такий підхід є дуже доцільним і перспективним для вирішення ряду промислових завдань з розрахунку числових характеристик, що визначають показники роботи системи в реальних умовах і є порівняно простим у використанні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nowakowski, T.: Problems of Transportation Process Reliability Modelling. Developing of transportation flows in 21st century supply chains, 2012
2. Nowakowski, T., Zając M.: Analysis of reliability model of combined transportation system, In Proceedings of conference ESREL 2005.
3. Świeboda, J.: Dependability of the information flow process at an intermodal transshipment point. Journal of KONBiN, 2017.
4. Dąbrowski T., Chmiel J., Rosiński A., Modelling of power supplies reliability in aspect of their technical and functional state, Journal of KONBiN, 2017.

УДК 656.076:622

ТРАНСПОРТНІ ПОТРЕБИ ГІРНИЧОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

І.М. Майорова¹, Д.В. Ремига², Р.О. Філімонов³

¹ доктор економічних наук, професор кафедри технології міжнародних перевезень і логістики, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна, e-mail: byzp@ukr.net

² магістр кафедри технології міжнародних перевезень і логістики, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна, e-mail: daria.remyga@yandex.ru

³ магістр кафедри технології міжнародних перевезень і логістики, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна, e-mail: romanius19lets@gmail.ru

Анотація. В роботі проведено оцінку дорожньо-транспортних потреб існуючої транспортної системи. Розглянуто, що включають в себе транспортні витрати і рішення про фінансування у розвиток транспортної інфраструктури гірничодобувної промисловості.