$$(1 \le N < \sqrt{M}\ )$$

при любом соотношении частей системы по числу элементов упорядоченность доминирует над хаосом и, соответственно, структурная упорядоченность системы всегда больше ее хаотичности и $R > 1$. В правом интервале, рассчитываемом по формуле:

$$(\frac{M}{2} - \Delta M < N \le M\ )$$

наблюдается противоположная картина, когда при любых структурных преобразованиях наблюдается преобладание хаоса над порядком и значения $R <$ 1. В центральном интервале, рассчитываемом по формуле:

$$(\sqrt{M} \le N \le \frac{M}{2} - \Delta M\ )$$

между порядком и хаосом могут быть различные взаимоотношения и R=1.

Важным вопросом при этом является выбор принципа группирования элементов системного объекта. При рассмотрении проблемы структурной устойчивости территориальной экономики таким принципом целесообразно выбрать отнесение объектов к той или иной отрасли. Отраслевая структура является одной из важнейших характеристик хозяйственного комплекса региона. Количественный рост предприятий одной отрасли, с одной стороны, может выступать свидетельством углубления территориальной специализации с использованием конкурентных преимуществ в виде доступа к сырью, обеспеченности трудовыми ресурсами необходимой квалификации и т.п., а с другой – моноотраслевой хозяйственный комплекс имеет повышенные риски при негативном развитии ситуации в отрасли, сокращении рынков сбыта за пределами территории. Отслеживание динами соотношения порядка и хаоса позволит уловить тенденции в структурных трансформациях хозяйственного комплекса и создать государственную систему мер по предотвращению нежелательных перекосов.

Выводы. Рыночные процессы в экономике Украины, развитие форм собственности, предоставление большей экономической свободы субъектам хозяйствования наряду с несовершенством механизмов государственного регулирования экономического развития регионов и Украины в целом привели к ускорению процессов структурной трансформации хозяйственных комплексов регионов, что отразилось на экономическом развитии в целом. Поскольку административно-территориальные образования не являются системами в строгом смысле, а представляют собой системно-конгломератные структуры, не всегда способные к сохранению системного единства и целостности, анализ структурной устойчивости на мезоуровне представляет собой актуальную и важную научную и практическую задачу. В качестве метода такого анализа предлагается использование положений синергетической теории информации, которая позволяет определить соотношение хаоса и порядка в структуре системного объекта. Обоснована целесообразность определения границ устойчивости и текущего состояния структуры економики территории. В зависимости от уровня данных показателей и стратегических планов социального и экономического развития региона могут быть разработаны государственные, отраслевые, территориальные программы экономического развития с учетом выявленных тенденций экономического развития территории.

Литература

1. Шкрабак І.В. Територіальні утворення як системно-конгломератні структури / І.В. Шкрабак // Держава та регіони, 2011. – № 3. – С. 82-86.
2. Вяткин В.Б. Синергетическая теория информации: общая характеристика и примеры использования / В.Б. Вяткин // Наука и оборонный комплекс – основной ресурс российской модернизации : матер. Межрегион. научно-практ. конф. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2002. – С. 361-390.
3. Вяткин В.Б. Хаос и порядок дискретных систем в свете синергетической теории информации / В.Б. Вяткин // Научный журнал КубГА. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2009. – № 03 (47). [Электронный ресурс]. – Доступный з http://www.ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/08.pdf.

***Шкрабак І.В.* Структурна стійкість економіки регіону з позицій синергетичної теорії інформації**

Розглянуто теоретичні питання аналізу структурної стійкості економіки на мезорівні з позицій синергетичної теорії інформації і напрямки їх практичного використання у державному управлінні економічним розвитком територій.

Ключові слова: синергетична теорія інформації, системно-конгломератні об'єкти, структурна стійкість, хаос, порядок, економічний розвиток території.

***Shkrabak I.V.* Structural stability of economy of region from positions of synergetics information theory**

In a publication the theoretical questions of analysis of structural stability of economy are examined at mesos level from positions of synergetics information and direction of their practical use theory in state administration by economic development of territories.

Keywords: synergetics information theory, system-conglomerate objects, structural stability, chaos, order, economic development of territory.

УДК 629.1

Ст. викл. І.І. Верхола[1], канд. техн. наук; доц. А.П. Сеник[1,2], канд. фіз.-мат. наук; ад'юнкт Ю.А. Чаган[1]

АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАНЬ ГУСЕНИЧНОГО ОБВОДУ

Досліджено вплив змінної сили натягу, швидкості поздовжнього руху та нелінійних сил на стійкість коливань поздовжньо-рухомого гусеничного обводу. Отримано співвідношення, що визначають зони стійкості (нестійкості) та проаналізовано вплив швидкості поздовжнього руху на їх конфігурацію.

Ключові слова: гусеничний обвід, гнучкий елемент, зони стійкості, амплітуда коливань.

Актуальність та огляд основних результатів. Гусеничний обвід транспортних засобів – це гнучкий елемент маса котрого розподілена майже рівномірно вздовж її довжини. У процесі експлуатації гусеничних транспортних засобів (ГТЗ), зокрема під час руху по пересіченій місцевості, натяг у ведучій та веденій частинах обводу змінюється, а, отже, впливає на її поздовжні та поперечні коливання. Якщо вивчення процесів у нижній частині обводу не становить значного інтересу, то дослідження динаміки верхньої є важливою і склад-

[1] Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного;
[2] НУ "Львівська політехніка"

ною задачею [1-5]. Вона, по-перше, характеризується швидкістю поздовжнього руху, по-друге, має певну згинну жорсткість, по-третє, її пружнім характеристикам властивий нелінійний зв'язок між переміщеннями та силою. Все це створює значні труднощі під час аналітичного дослідження динамічних процесів вказаного об'єкта. Водночас тільки на базі точних чи наближених розв'язків відповідних математичних моделей динамічного процесу можна проаналізувати вплив всього спектра фізико-механічних, кінематичних і силових чинників на основні параметри коливань та їх стійкість. Саме питання стійкості коливних процесів верхньої частини гусеничного обводу за умови малої її згинної жорсткості є предметом розгляду цього дослідження. Адже задача про стійкість динамічного процесу по своїй важливості є рівнозначною, а в деяких випадках і важливішою [6], задачі опису динамічного процесу. Звідси і випливає актуальність поставленої задачі.

Постановка задачі. Відомо [4, 5], що математичною моделлю як поздовжніх, так і поперечних коливань гнучких привідних елементів (зокрема і гусеничного обводу), які рухаються із сталою швидкістю напрямленою вздовж осі абсцис, є диференціальне рівняння

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}+2V\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x\partial t}-\left(\frac{S(t)}{\rho}-V^2\right)\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}=\varepsilon f\left(u,\frac{\partial u}{\partial t},\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial^4 u}{\partial x^4},\theta\right),\quad(1)$$

де: $u(x,t)$ – поперечне (поздовжнє) переміщення досліджуваного об'єкта, V – поздовжня складова швидкості верхньої частини обводу ($V=2/V_0, V_0$ – швидкість поздовжнього руху транспортного засобу), $S(t)$ – поздовжня сила натягу для випадку поперечних коливань (модуль пружності для випадку поздовжніх коливань), ρ – погонна маса гусеничного обводу, $f\left(u,\frac{\partial u}{\partial t},\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial^4 u}{\partial x^4},\theta\right)$ – певна функція, яка описує нелінійні силові чинники та періодичне збурення, $\theta=\mu t$, μ − його частота.

До диференціального рівняння (1) долучаємо однорідні крайові умови

$$u(x,t)\big|_{x=0}=u(x,t)\big|_{x=l}=0\,,\quad(2)$$

які узгоджуються із умовами безвідривного контакту верхньої частини гусеничного обводу та ведучого і напрямного коліс.

Примітка 1. Підтримуючі ролики можна моделювати як точково прикладені діючі сили. Цей випадок може бути предметом окремих досліджень.

Надалі вважатимемо, що сила натягу гнучкого елемента змінюється відповідно до закону

$$S=S_0+S_1\cos\theta\,,\quad(3)$$

де S_0, S_1 – сталі. Вона узгоджується із динамікою руху ГТЗ по пересіченій місцевості. Зауважимо, що більш складні випадки представлення сили у дослідженні формально не відрізняються від вказаного за умови, що спектр зовнішніх частот періодичного збурення не знаходиться у раціональному зв'язку. Нехай ГТЗ рухається по поверхні з незначними геометричним розмірами перешкод. У цьому разі $S_0>>S_1$ та диференціальне рівняння (1) набуває вигляду

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}+2V\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x\partial t}-\left(\frac{S_0}{\rho}-V^2\right)\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}=$$
$$\frac{S_1}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\cos\vartheta t+\varepsilon f\left(u,\frac{\partial u}{\partial t},\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial^4 u}{\partial x^4},\theta\right).\quad(4)$$

Отже, подальші дослідження стосуються знаходження впливу параметрів V, S_0, S_1, μ та правої частини рівняння (4) на стійкість коливань верхньої вітки гусениці.

Методика розв'язування поставленої задачі побудована на описанні коливного процесу за допомогою асимптотичних методів знаходження розв'язку крайової задачі (4), (2) з наступним аналізом впливу тих чи інших параметрів на співвідношення, що визначають його стійкість. Існують різні підходи асимптотичного розв'язання вказаної задачі: метод послідовних наближень Пуанкаре, метод Бубнова-Гальоркіна, метод, в основі котрого покладено хвильову теорію руху та ін. Ми ж, з метою подальшого дослідження стійкості, використаємо метод Бубнова-Гальоркіна, який, на наш погляд, більше адаптований для розв'язання поставленої задачі, хоча не зовсім точно описує форму динамічного процесу. Відповідно до цього методу, функцію $u(x,t)$ подаємо у вигляді $u(x,t)=\sum_k T_k(t)X_k(x)$, причому функції $X_k(x)$ вибираємо так, щоб крайові умови (2) справджувались та вони утворювали повну ортонормовану систему функцій. Останнє не еквівалентно тому, що форма поперечних коливань описується функцією $X_k(x)$ чи навіть лінійною комбінацією обмеженого числа вказаного вигляду функцій.

Це дає змогу після певних перетворень із (4) отримати звичайні диференціальні рівняння для знаходження невідомих функцій $T_k(t)$

$$\frac{d^2T_k}{dt^2}+\left(\frac{S_0}{\rho}-V^2\right)\left(\frac{k\pi}{l}\right)^2T_k=\frac{S_1}{\rho}\left(\frac{k\pi}{l}\right)^2T_k\cos\vartheta t+\varepsilon\overline{f}\left(T_k,\frac{dT_k}{dt},\theta\right),\quad(5)$$

де $\overline{f}\left(T_k,\frac{dT_k}{dt},\theta\right)=\frac{2}{l}\int_0^l f\left(u,\frac{\partial u}{\partial t},\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial^4 u}{\partial x^4},\theta\right)X_k(x)\,dx$.

Найбільш цікавим і одночасно важливим із теоретичного погляду та умов експлуатації ГТЗ є випадок, коли змінна складова сили натягу гусениці має частоту, яка близька до частоти власних коливань. Припускається, що швидкість поздовжнього руху є менша за критичну ($V^2<S_0/\rho$). Тоді виконується умова $\omega\approx\mu$, а диференціальне рівняння (5) трансформується до

$$\frac{d^2T}{dt^2}+\omega^2T=\omega^2\alpha T+\gamma T\cos\vartheta t+\varepsilon\overline{f}\left(T_k,\frac{dT_k}{dt},\theta\right).\quad(6)$$

Нехай правою частиною рівняння (1) є функція

$$f\left(u,\frac{\partial u}{\partial t},\frac{\partial u}{\partial x},\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial^4 u}{\partial x^4},\theta\right)=-k_1\frac{\partial u}{\partial t}+k_2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+k_3\cos\theta+k_4\sin\theta\,,\quad(7)$$

Її фізичний зміст полягає у тому, що сила тертя між окремими ланками гусениці пропорційна швидкості (кутовій чи лінійній), а нелінійна складова відновлювальної сили задовольняє нелінійний технічний закон пружності. Відповідно до (6), будемо мати

$$\frac{d^2T}{dt^2}+\omega^2T=\omega^2\alpha T+\gamma T\cos\vartheta t-\beta\frac{dT}{dt}+\delta T^3+H_1\cos\theta+H_2\sin\theta\,, \qquad (8)$$

де: $\beta=k_1$, $\delta=\frac{1}{4}k_2\left(\frac{k\pi}{l}\right)^4$, $H_1=2k_3$, $H_2=2k_4$.

Отже, поставлена задача звелась до знаходження розв'язку та побудови зон стійкості звичайного нелінійного диференціального рівняння (8). У досліджуваному випадку розв'язок рівняння (8) будемо шукати у вигляді [7]

$$T=r\cos\omega t+s\sin\omega t+\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\left(H_1\cos\mu t+H_2\sin\mu t\right). \qquad (9)$$

Невідомі коефіцієнти r,s знаходимо шляхом підстановки (9) у (8) із урахуванням співвідношення (7). Це дає змогу отримати амплітудне співвідношення

$$\left[\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2\right)^2-\gamma^2+\omega^2\beta^2\right]^2a^2=$$

$$\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-2}\left\{\left(\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2\right)^2+\gamma^2+\omega^2\beta^2\right)\left(H_1^2+H_2^2\right)+\right. \qquad (10)$$

$$\left.+2\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2\right)\left(H_2^2-H_1^2\right)\gamma-4\omega\beta H_1H_2\gamma\right\}$$

Нехай $H_2=\pm H_1$. Алгебраїчне рівняння (10) у вказаному випадку трансформується в біквадратне, яке містить параметр α (розбалансування частот). Якщо $H_1=H_2$, матимемо

$$\omega^2\alpha=-\frac{3}{4}\delta a^2-k\gamma^2\pm\sqrt{\gamma^2-\omega^2\beta^2+H_1^2a^{-2}\pm H_1a^{-1}\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\sqrt{4\left(\gamma-\omega\beta\right)\gamma+H_1^2a^{-2}}}\,. \qquad (11)$$

Тут верхньому знаку рівняння (11) відповідають дійсні корені і вони будуть невід'ємними за: а) $a^2\le\frac{H_1^2}{4\left(\omega\beta-\gamma\right)\gamma}$, б) $a^2\le\frac{H_1^2}{\omega^2\beta^2-\gamma^2}$, в) $\gamma^2-\omega^2\beta^2+H_1^2a^{-2}+H_1a^{-1}\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\sqrt{4\left(\gamma-\omega\beta\right)\gamma+H_1^2a^{-2}}\ge0$.

Нижньому – дійсні корені за умов: а) $a^2\le\frac{H_1^2}{4\left(\omega\beta-\gamma\right)\gamma}$, б) $a^2\le\frac{H_1^2}{\omega^2\beta^2-\gamma^2}$, в) $\gamma^2-\omega^2\beta^2+H_1^2a^{-2}\ge H_1a^{-1}\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\sqrt{4\left(\gamma-\omega\beta\right)\gamma+H_1^2a^{-2}}$.

Подібно знаходимо амплітудні співвідношення, які відповідають протилежним за знаками коефіцієнтам змушуючої сили. Різниця в цьому разі полягає у тому, що β замінюється на $(-\beta)$.

Якщо величини змушуючої сили є різними $(H_1\ne H_2)$, то амплітудне співвідношення набуває вигляду

$$\omega^2\alpha=-\frac{3}{4}\delta a^2-k\gamma^2\pm$$

$$\pm\sqrt{\gamma^2-\omega^2\beta^2+\frac{\sqrt{\left(\chi\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2-\gamma\right)+\omega\beta\Delta\right)^2+\left(\Delta\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2+\gamma\right)-\omega\beta\chi\right)^2}}{a\left(\omega^2-\mu^2\right)}}\,. \qquad (12)$$

Отримані результати дають змогу представити резонансні значення амплітуди гнучкого елемента для різних значень сталої складової сили його натягу та різних значень швидкості поздовжнього руху. На рис. представлено резонансні криві для випадку $l=6м$, $\rho=50кг/м$, $S_0=20000H$, $S_1=2000H$, $k_1=130$, $k=2$

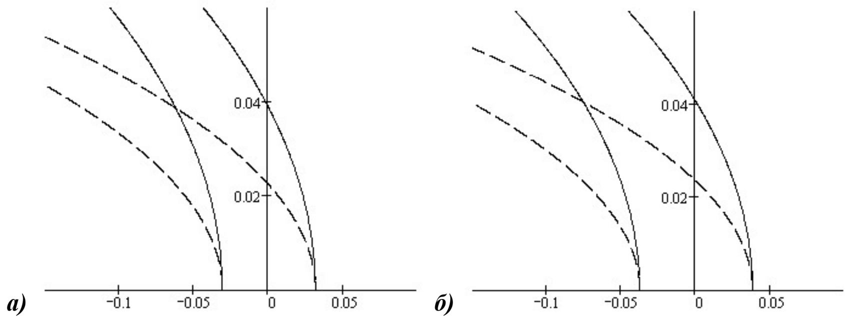

Рис. Резонансні значення амплітуди коливань верхньої вітки гусеничного обводу для: *а) V=5 м/с; б) V=8 м/с*

Якщо змушуюча сила змінюється відповідно до синусоїдального закону, то диференціальне рівняння (6) набуває вигляду

$$\frac{d^2T}{dt^2}+\omega^2T=\omega^2\alpha T+\gamma T\cos\vartheta t-\beta\frac{dT}{dt}+\delta T^3+H\sin\theta\,. \qquad (13)$$

Його розв'язок знаходимо, як і у описаному випадку. Після нескладних перетворень отримуємо систему алгебраїчних рівнянь для визначення зон стійкості коливань

$$\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2+\gamma\right)r-\omega\beta s=0\,,$$

$$\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2-\gamma\right)s+\omega\beta r+\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}H=0\,.$$

Її розв'язок $\{r,s\}$ визначаємо залежностями

$$\left[\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2\right)^2-\gamma^2+\omega^2\beta^2\right]r=-\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\omega\beta H\,,$$

$$\left[\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2\right)^2-\gamma^2+\omega^2\beta^2\right]s=-\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2+\gamma\right)H\,. \qquad (14)$$

Залежність для визначення зон стійкості коливань від параметру розбалансування частот α набуває вигляду

$$\omega^2\alpha = -\frac{3}{4}\delta a^2 - k\gamma^2 \pm$$
$$\pm\sqrt{\gamma^2 - \omega^2\beta^2 + a^{-1}H\left(\omega^2-\mu^2\right)^{-1}\sqrt{\omega^2\beta^2+\left(\omega^2\alpha+\frac{3}{4}\delta a^2+k\gamma^2+\gamma\right)^2}}. \quad (15)$$

Вона є базовою для побудови зон стійкості розв'язку рівняння (13). Без особливих труднощів наведену методику можна перенести і на випадок полігармонічного збурення. Для нього, відповідно до принципу одночастотності коливань у нелінійних системах, домінуючий вплив будуть мати гармоніки, частота котрих є близькою до частоти власних коливань або пов'язана із нею раціональною залежністю.

Висновки: а) із зростанням швидкості руху гусеничного обводу ширина резонансної зони збільшується; б) величина коефіцієнта нелінійної складової відновлювальної сили впливає на кут нахилу резонансних кривих до осі α; в) коефіцієнт параметричного збурення γ впливає на ширину резонансної зони подібно, як і швидкість поздовжнього руху гнучкого елемента: із збільшенням коефіцієнта γ її ширина зростає.

Література

1. Li-Qun Cheng. Analysis and Control of Transverse Vibrations of Axially Moving Strings / Cheng Li-Qun // Applied Mechanics Reviews. – 2005. – Vol. 58. – P. 91-116.
2. Wei Zhang. Vibration control of an axially moving string system: Wave cancellation method / Zhang Wei, Cheng Li-Qun // Applied Mathematics and Computation. – 2006. – № 175. – P. 851-863.
3. Pellicano F. Complex dynamics of high-speed axially moving systems / F. Pellicano // Journal of Sound and Vibration. – 2002. – № 258(1). – P. 31-44.
4. Кузьо І.В. Динамічні процеси у середовищах, які характеризуються поздовжнім рухом, та вплив крайових умов на амплітуду і частоту їх коливань / І.В. Кузьо, Є.В.Харченко, М.Б. Сокіл // Вібрації в техніці і технологіях. – 2007. – № 3 (48). – С. 53-56.
5. Мартинців М.П. Одне узагальнення методу Д'Аламбера для систем, які характеризуються поздовжнім рухом / М.П. Мартинців, М.Б. Сокіл // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2003. – Вип. 13.4. – С. 64-67.
6. Белман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений / Р. Беллман. – М. : Изд-во "Иностранная лит-ра", 1954. – 216 с.
7. Назар І.І. Метод Ван-дер-Поля у дослідженні періодичних збурень рухомих одновимірних систем / І.І. Назар, Б.І. Сокіл // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів, 2006. – № 560. – С. 71-75.

Верхола И.И., Сеньк А.П., Чаган Ю.А. **Анализ устойчивости нелинейных колебаний гусеничного обвода**

Исследовано влияние сменной силы натяжения, скорости продольного движения на устойчивость колебаний продольно-подвижного гусеничного обвода. Получены соотношения, которые определяют зоны их устойчивости (неустойчивости) и проведен анализ влияния скорости продольного движения на их конфигурацию.

Ключевые слова: гусеничный обвод, гибкий элемент, зоны устойчивости, амплитуда колебаний.

Verhola I.I., Senyk A.P., Chagan Yu.A. **Buckling analysis of nonlinear oscillations of caterpillar outline**

Effect of replaceable force of tension, speed of longitudinal motion on stability of oscillations of longitudinal-mobile caterpillar outline is probed. It is received ratio which determine zones of their stability (instability) and the analysis of effect of speed of longitudinal motion on their configuration is carried out.

Keywords: caterpillar outline, flexible element, stability zones, oscillation frequency.

УДК 539.2:532.6 Мат. І-ої кат. Т.В. Голубець – Інститут прикладних проблем механіки та математики ім. Я.С. Підстригача НАН України

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНОВАЖНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ТА ВЛАСНОЇ ПРОНИКНОСТІ ПОРИСТОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ІЗОТЕРМ СОРБЦІЇ АБО КРИВИХ ЗАТРИМКИ ВОЛОГИ

У рамках формалізму об'ємного усереднення переглянуто основні співвідношення фізики поверхні для пористого зволоженого матеріалу. Сформульовано умови рівноваги між рідиною і газом у пористому матеріалі. Означено функцію розподілу розміру пор за радіусом. Відповідно до експериментальних даних, розраховано залежність відносних проникностей рідини та газу у пористому матеріалі від ступеня насичення пор рідиною. З допомогою порівняльного аналізу напівемпіричних моделей зволоження запропоновано метод визначення власної проникності твердої фази та рівноважного зволоження у пористому матеріалі.

Ключові слова: пористі матеріали, адсорбція, капілярні явища, дифузія рідин та газів.

Вступ. У зв'язку з математичним моделюванням тепломасообмінних процесів у пористих зволожених середовищах виникає необхідність адекватного опису дифузійних явищ, природа яких залежить від структури матеріалу та властивостей його складових або компонент. У теорії осушування такі дифузійні явища описуються системою балансових рівнянь тепла і маси у частинних похідних з відповідними граничними умовами, які визначають характер перебігу процесів у внутрішніх областях пористого зволоженого матеріалу. На цей час розвиваються два протилежні підходи до опису процесів тепломасообміну у пористих матеріалах на основі моделей осушування – феноменологічнийЛикова [1] та теоретичний Вайтекера [2]. Згідно з феноменологічним підходом [1], коефіцієнти дифузії у балансових рівняннях тепла і маси приймаються постійними величинами, тому виникає науковий інтерес у розрахунку таких коефіцієнтів залежно від структури пористого матеріалу та вагового вмісту складових (компонент). Приклад визначення таких коефіцієнтів наведено у роботі [3] згідно з коміpковою моделлю для матеріалу деревини. Оскільки відтворення структурних властивостей пористого матеріалу є окремою науковою проблемою, яка розв'язується методами теорії перколяції [4] детерміністичної або стохастичної геометрії [5], для розрахунку тепломасообмінних процесів оптимальною з точки зору прикладного застосування є теорія осушування Вайтекера [2], яка базується на методах теорії просторового (об'ємного) усереднення. Визначальні рівняння теорії осушування Вайтекера [2] містять пов'язані між собою згідно з законами збереження маси, імпульсу та енергії просторово усереднені величини та конститутивні рівняння, які описують властивості пористого зволоженого матеріалу. До складу цих рівнянь входять ефективні або усереднені характеристики пористого зволоженого середовища, за допомогою яких останнє можна розглядати як неперервний матеріальний континуум.

У рамках теорії просторового усереднення у роботі [6] записано рівняння електродинаміки, за допомогою яких на основі порівняльного аналізу різних моделей композитних матеріалів запропоновано методику розрахунку ефективної комплексної діелектричної проникності пористого зволоженого середовища. Показано, що така ефективна характеристика матеріалу є функцією об'ємних часток фаз, які неперервно змінюються в об'ємі пористого зволожено-