

9. Гринчик Н.Н. Процессы переноса в пористых средах, электролитах и мембранах / Н.Н. Гринчик. – М. : Ин-т тепло- и массообмена АН Беларуси, 1991. – 251 с.
10. Дорняк О.Р. Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса / О.Р. Дорняк // Межвузовский сборник научных трудов ВГЛТА. – Воронеж, 2001. – С. 132-139.
11. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.-Л. : Изд-во "Энергия", 1968. – 472 с.
12. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин. – М. : Изд-во "Наука", 1978. – 336 с.
13. Никитенко Н.И. Теория тепломассопереноса / Н.И. Никитенко. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1983. – 352 с.
14. Никитенко Н.И. Математическое моделирование динамики процесса обезвоживания слоя диспергированного коллоидного капиллярно-пористого материала / Н.И. Никитенко, Ю.Ф. Снежкин, Н.Н. Сорокова // Промышленная техника, 2006. – Т. 28, № 3. – С. 28-37.
15. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред / В.Н. Николаевский. – М. : Изд-во "Недра", 1984. – 232 с.
16. Полубарина-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод / П.Я. Полубарина-Кочина. – М., 1977. – 324 с.
17. Соколовський Я.І. Взаємозв'язок деформаційно-релаксацийних і тепломасообмінних процесів у капілярно-пористих тілах / Я.І. Соколовський // Доповіді НАН України. – Сер.: Практична механіка, 1998. – № 9. – С. 76-80 с.
18. Соколовський Я.І. Моделирование деформационно-релаксационных процессов в древесине во время сушки / Я.І. Соколовський, М.В. Дендюк, Б.П. Поберейко // Лесной журнал : Известия ВУЗ России, 2007. – № 1. – С. 75-83.
19. Соколовський Я.І. Методика та результати експериментальних досліджень реологічної поведінки деревини / Я.І. Соколовський, Й.В. Андрашек // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук. -техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1999. – Вип. 9.13. – С. 15-26.
20. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение / Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 2002. – 260 с.
21. Чудинов Б.С. Вода в древесине / Б.С. Чудинов. – М. : Изд-во "Наука", 1984. – 270 с.

Соколовський Я.І., Мокрицька О.В. Математическая модель вязкоупругого деформирования капиллярно-пористых материалов

В рамках механики гетерогенных сред синтезирована математическая модель напряжено-деформирующего состояния древесины как трехфазной системы, которая состоит из твердой (древесного вещества), жидкой и паровоздушной фаз. Определяющие соотношения дают возможность описывать упругие, вязкоупругие, остаточные деформации, а также деформации, предопределенные механизмом механико-сорбционной ползучести.

Sokolovskyy Ya.I., Mokrytska O.V. Mathematical model of viscous-elastic deformation of capillary-porous materials

Within the framework of mechanics of heterogeneous environments the mathematical model of the stress-strained state of wood is synthesized as a three-phase system which consists of hard (arboreal matter), liquid and steam-aerial phases. Qualificatory correlations allow to describe resilient, viscous-elastic, residual deformations, and also deformations, predefined by the mechanism of mechanics-sorption creep.

УДК 519.865.7: 681.5.023

Доц. О.І. Досяк, канд. екон. наук –
Львівський ДІНТУ ім. В'ячеслава Чорновола

**МЕТОДИКА РОЗРОБЛЕННЯ МУЛЬТИВАРІАНТНИХ МОДЕЛЕЙ
ДЛЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ
РІШЕНЬ (СППОР) У МЕНЕДЖМЕНТІ**

Розглянуто методику розроблення мультиваріантних моделей для систем підтримки прийняття оптимальних рішень (СППОР) в менеджменті. Мультиваріантні

моделі призначені для швидкого автоматизованого способу підготовки прийняття оптимальних рішень в менеджменті організацій.

Постановка проблеми. Впровадження методів економіко-математичного моделювання у виробництво значною мірою гальмується недостатнім рівнем підготовки фахівців, значною трудомікістю підготовки задач до розв'язку, відсутністю сучасних продуктивних технологій застосування економіко-математичного моделювання у виробничих умовах. Особливої актуальності проблема набуває в умовах швидкого зростання чисельності товаровиробників, які з об'єктивних причин відчують дефіцит висококваліфікованих кадрів. Розв'язок цієї проблеми може реалізовуватись різними шляхами: розробкою достатньої кількості економіко-математичних моделей, об'єднаннях у базу моделей, з якої шляхом сепарації вибирається найбільш адекватна, або автоматизацією процесу побудови матриць економіко-математичних моделей за допомогою сучасних технологій.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Методичну базу для розробки складають економіко-математичні моделі оптимізації виробництва попереднього періоду, яким було приділено достатньо уваги таких вчених: Л.В. Канторович, І.Я. Бірман, С.С. Бір, М.Є. Браславець, З.С. Кадюк, Р.Г. Кравченко, С.І. Наконечний, С.С. Савіна [1-7].

Аналіз попередніх досліджень свідчить про орієнтацію методик розробки економіко-математичних моделей ручним способом, що є доступним для висококваліфікованих кадрів.

Метою розробки є опрацювання методики розробки мультиваріантних економіко-математичних моделей, які за своєю суттю є базами моделей і описані механізми вибору потрібної моделі з бази, які можуть бути реалізованими в діалоговому режимі роботи програмних продуктів, чим створюються сприятливі умови для поширеного застосування методів математичного моделювання в практичній діяльності недостатньо підготовленими виконавцями. Поданий у дослідженні матеріал розробив автор і опублікував у [8, 9].

Методичні підходи під час розроблення моделей в сучасних умовах потребують істотних змін, передусім зміни орієнтирів у підходах від одноваріантних до мультиваріантних моделей. Успішне вирішення цього питання дасть змогу перейти до поширеного використання методів економіко-математичного моделювання в теорії і практиці виробництва різних галузей.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Суть методів побудови мультиваріантних моделей базується на таких міркуваннях.

Шляхом вводу додаткової змінної (в нашому прикладі X_{n+1}) з числовим значенням, рівним одиниці, що зафіксовується в додатковому обмеженні, і вектора коефіцієнтів $A_{i,n+1}$ при ній, причому

$$A_{i,n+1} = B_i, \quad i(1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

де B_i – вектор вільних членів матриці економіко-математичної моделі.

Матриця економіко-математичної моделі набуде вигляду

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j - A_{i,n+1} X_{n+1} = 0 \\ (m+1) \quad X_{n+1} = 1 \\ Z_{\min(\max)} = \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ X_j \geq 0, \quad j(1, 2, \dots, n) \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Система (2) ілюструє метод трансформації вектора вільних членів B_i у вектор коефіцієнтів $A_{i,n+1}$ системи (2) шляхом вводу додаткової змінної X_{n+1} і додаткового $(m+1)$ обмеження, яке фіксує значення цієї змінної, що дорівнює 1.

Вказаний метод може бути використаний під час об'єднання групи моделей, які відрізняються між собою лише векторами вільних членів, в одну загальну модель (назвемо її мультиваріантною, або скорочено – мультимоделлю), яка шляхом внесення мінімальних змін може інтерпретувати кожен з об'єднаних моделей зокрема.

Проілюструємо зазначене прикладом. Нехай для означеності існують K моделей, які відрізняються між собою лише векторами вільних членів. Шляхом вводу в матрицю коефіцієнтів K додаткових змінних і K додаткових обмежень цю групу моделей можна описати загальною мультимоделлю такого вигляду:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j - A_{i,n+1} X_{n+1} - A_{i,n+2} X_{n+2} - \dots - A_{i,n+k} X_{n+k} = 0 \\ (m+1) \quad X_{n+1} = 1 \\ (m+2) \quad X_{n+2} = 0 \\ \dots \\ (m+k) \quad X_{n+k} = 0 \\ Z_{\min(\max)} = \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ X_j \geq 0, \quad j(1, 2, \dots, n) \end{array} \right\}. \quad (3)$$

Як видно з (3), у правій частині додаткового обмеження $(m+1)$ стоїть 1, а в обмеженнях $(m+2) \div (m+k)$ стоять 0. При вказаній комбінації правих частин, вибраною з мультимоделі, буде модель, яка описується вектором правих частин $A_{i,n+1}$. Це впливає з того, що значення додаткових змінних $X_{n+2} \div X_{n+k}$ дорівнюють нулю, а звідси добутки $A_{i,n+2} X_{n+2} \div A_{i,n+k} X_{n+k}$ дорівнюють нулю. Отже, ця частина матриці не впливає на розв'язок задачі, описаної вибраною частковою моделлю.

Таким чином, для вибору довільної із K моделей, які об'єднані в мультимодель (3), достатньо означити одиницею потрібний вільний член у групі додаткових обмежень $(m+1 \div m+k)$, а інші вільні члени цієї групи повинні дорівнювати нулю. Вказані міркування можуть бути застосовними для одиночного обмеження, для групи обмежень і для кількох груп обмежень.

Зауважимо, що у вихідному стані в мультимоделі в правих частинах додаткових обмежень встановлені нульові числові значення, а вибір потрібної часткової моделі відбувається в діалоговому режимі: після реалізації діалогу автоматично встановлюються в одиничне значення потрібні вільні члени додаткових обмежень, чим забезпечується автоматичний вибір часткової моделі. Якщо кілька моделей відрізняються між собою лише функціоналом Z , то шляхом вводу додаткових змінних Y_{n+i} за числом функціоналів (k) і додаткових обмежень типу

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n C_{ij} X_j - \sum_{i=1}^k Y_{n+i} = 0. \quad (4),$$

ці моделі можуть бути об'єднаними в мультимодель, функціонал при цьому матиме вигляд

$$Z_{\min(\max)} = \sum_{i=1}^k D_i Y_{n+i}. \quad (5)$$

У початковий момент часу коефіцієнти D_i при змінних Y_{n+i} у функціоналі дорівнюють нулю (5). Для вибору потрібної моделі досить установити в одиничне значення коефіцієнт за вибраною змінною Y_{n+i} у функціоналі (5), що можна реалізувати в діалоговому режимі.

Метод маскування полягає в селекції змінних, які повинні бути вилученими з розгляду в частковій моделі шляхом вводу додаткових обмежень типу:

$$\sum X_k = 0, k \in (1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

У (6) k означає індекси змінних, які повинні бути вилученими з розгляду. У мультимоделі масок типу (6) може бути багато. У початковий момент часу всі маски типу (6) мають вигляд типу (7):

$$\sum X_k \geq 0, k \in (1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

Після вибору потрібної маски в діалоговому режимі вона набуває вигляду (6), чим забезпечується вилучення з розгляду відповідної групи змінних. Решта масок мають вигляд (7), що не порушує умов постановки задачі.

Метод штрафних оцінок полягає в такому підході: у разі розв'язування задачі на відшукування $\min$ функції Z всім C_j на початковий момент присвоюють числове значення M ($M \gg \max C_j$), чим забороняється ввід відповідної змінної в оптимальний базис; у разі розв'язування задачі на відшукування $\max$ функції всім C_j на початковий момент присвоюються значення $-M$ ($C_j = -M$), чим забороняється ввід відповідних змінних в оптимальний базис.

У роботі з системою в діалоговому режимі вводяться реальні числові значення оцінок C_j тих змінних, які за умовами задачі повинні належати до часткової моделі, для всіх інших змінних, крім додаткових, значення оцінок залишаються рівними M (під час розв'язування задачі на відшукування мінімуму функції) або числу $-M$ (під час розв'язування задачі на відшукування максимуму функції). Таким чином забезпечується автоматична сепарація змінних, які не можуть увійти в оптимальний базис.

Поєднуючи описані методи, забезпечують мінімальні обсяги роботи оператора при постановці задачі і виборі часткової моделі в діалоговому режимі, що забезпечує велику інваріантність і стислі терміни підготовки задач до розв'язання. Наведемо вигляд мультимоделі, яка використовує додаткові змінні $(X_{n+1} \div X_{n+k})$ і обмеження $(m+1 \div m+k)$, маскування (обмеження $m+k+1, m+k+2$) (8).

Нехай, для конкретності, часткова модель описується вектором вільних членів $A_i, n+1$, у моделі повинні бути вилученими з розгляду змінні X_1, X_3, X_5 . Для вибору цієї задачі операторові достатньо виконати такі дії:

- в обмеженні $m+1$ вільний член повинен бути рівним 1;
- в обмеженні $m+k+1$ тип обмеження повинен бути зміненим на знак "=";
- у функціоналі Z повинні бути введені реальні значення для оцінок C_j .

$$\left. \begin{array}{ll} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j - A_{i,n+1} X_{n+1} - A_{i,n+2} X_{n+2} - \dots - A_{i,n+k} X_{n+k} = 0 & \\ (m+1) & X_{n+1} & = 1 \\ (m+2) & & X_{n+2} & = 0 \\ & \dots & & \dots \\ (m+k) & & & X_{n+k} = 0 \\ (m+k+1) & X_1 + X_3 + X_5 & = 0 \\ (m+k+2) & X_2 + X_4 + X_6 & \geq 0 \\ Z \min(\max) = \sum_{j=1}^n C_j X_j & \\ X_j \geq 0, \quad j(1, 2, \dots, n) & \end{array} \right\}. \quad (8)$$

Під час розроблення практичних мультимоделей методи вводу додаткових змінних і обмежень, маскування і штрафних оцінок можуть комбінуватися, забезпечуючи достатню інваріантність у нескладних механізмах вибору часткових моделей.

Метод композиції моделі з фрагментів спеціальної структури базується на використанні засобів автоматизації моделювання у вигляді постановника задач, за допомогою якого модель компонується з окремих фрагментів, які є частинами або інваріантами частин мультимоделі. Отже, мінімальним фрагментом може вважатись окремий елемент матриці розмірністю m на n елементів, а максимальне число фрагментів не перевищує добутку m на n . У разі групування елементів матриці за функціональними ознаками число фрагментів може бути значно зменшеним.

У разі перенесення фрагментів у мультимодель елементи можуть трансформуватись за певним алгоритмом. Таким чином, може бути забезпечене багатозначне використання фрагментів: як бази даних; як елементи мультизадачної моделі після трансформації елементів фрагменту. На практиці, під час розроблення практичних моделей, спостерігається комбінація методів побудови мультизадачних моделей.

За допомогою постановника задач можуть бути реалізованими складніші механізми вибору часткових моделей з мультимоделі, зокрема вилучен-

ня з розгляду окремих обмежень і груп обмежень, зміна значень окремих елементів, також із визначеним кроком в означених межах, що створює сприятливі умови для дослідження поведінки моделі в динаміці. Можливим стає розроблення механізмів функціонування системи за програмою, зокрема вдосконалення моделі з метою отримання кращих результатів.

Окрему увагу треба надати питанню захисту мультимodelей від некоректної постановки задач. Така ситуація виникає в умовах дефіциту ресурсів для виконання програми. На практиці боротьба з такою ситуацією полягає в уточненні планів виробництва продукції, відшуванні помилок під час розроблення моделі та реалізації задачі на технічних засобах.

Простий захист моделі від некоректної постановки задачі полягає у вводиті в модель додаткових змінних W_j , які відіграють роль фіктивних ресурсів, які входять у функціонал зі штрафними значеннями оцінок. В умовах розв'язування задачі без використання фіктивних ресурсів всі змінні, які означають обсяги фіктивних ресурсів, мають нульові значення

$$W_j = 0. \quad (9)$$

Якщо при розв'язку задачі виявиться, що не всі W_j мають нульові значення, то підсистема аналізу подає користувачеві повідомлення про цю подію і рекомендацію про уточнення планів виробництва, обсягів ресурсів. Результати розв'язку задачі до уваги не беруть. Таким чином забезпечується захист моделей від некоректної постановки задач, а також ефективна дія підсистеми аналізу і виробітку дорадчих гіпотез.

Для забезпечення роботи системи аналізу і виробітку дорадчих гіпотез у модель додатково вводяться додаткові змінні U_j , які забезпечують економічний аналіз результатів розв'язку задачі. За своєю суттю ці змінні відображають розрахунок різноманітних показників за допомогою отриманих значень основних і додаткових змінних. У функціонал змінні U_j вводяться з нульовими оцінками. Основне значення цих змінних у тому, що вони дають змогу організувати ефективне порівняння різних варіантів розв'язку задачі за системою економічних показників і виконання такого порівняння може відбуватись автоматично з вибором кращого варіанта.

Для впровадження пропонуються моделі, які володіють ознаками мультिवаріантності і можуть бути побудованими на основі системи одноваріантних моделей, з такими доповненнями:

1. У модель вводиться певне число додаткових змінних X_j і додаткових обмежень типу:

$$X_j = 0. \quad (10)$$

Вектори вільних членів B_i споріднених моделей перетворюються у вектори коефіцієнтів A_{ij} при додаткових змінних X_j . У разі вибору потрібної моделі у діалоговому режимі у відповідному обмеженні змінна X_k означається числовим значенням рівним одиниці, інші додаткові змінні з цієї групи мають нульові числові значення.

2. У мультимodelь вводяться маскуючі обмеження типу (7) за потребою, яка визначається умовами індивідуалізації. Після завершення діалогово-

го вибору умов у потрібному обмеженні-масці міняється тип обмеження на знак рівності, тобто вибрана маска набуває вигляду (6).

3. У модель за потребою вводиться потрібне число (r) обмежень-рівностей, які підраховують значення додаткових змінних (U_{j+k}), що відображають різноманітні економічні показники

$$\sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j - U_{j+k} = 0. \quad (11)$$

У функціонал змінні U_{j+k} вводяться з нульовими оцінками.

4. Для захисту моделей від некоректної постановки задач вводяться змінні (W_j), які включаються в обмеження балансів використання ресурсів і означають фіктивні ресурси з штрафними оцінками.

Такі доповнення і зміни, внесені в модель, дають змогу оперативно трансформувати модель за потребою з вибором потрібного варіанту за мінімальних обсягів ручної роботи в діалоговому режимі роботи програмних продуктів. При цьому мультимодель забезпечує отримання достатнього числа варіантів для потреб розроблюваних систем управління.

Висновки і перспективи подальших досліджень. З розглянутого матеріалу можна зробити низку важливих висновків. Теорія мультиваріантних моделей творчо розвиває загальну теорію лінійного програмування у питаннях розроблення економіко-математичних моделей для систем оптимального планування і управління.

Мультиваріантне моделювання відкриває нові перспективи розвитку методів математичного моделювання, сприятиме масовому впровадженню методів математичного моделювання у виробництво у вигляді інформаційних технологій, які забезпечать достатні рівні автоматизації моделювання і управління технологічними процесами, в яких моделювання використовується як засіб досягнення мети.

За допомогою програмного забезпечення систем, ядром яких є мультимодель, після реалізації діалогу з системою в модель вносяться мінімальні зміни, які дають змогу трансформувати модель у широкому діапазоні (вибір потрібної моделі з бази, виключення з розгляду одиночних і груп змінних, захист від некоректної постановки задачі, вибір критерію оптимальності з-поміж можливих, підрахунок системи економічних показників для роботи підсистеми аналізу). Ці властивості мультимоделі сприяють швидкій адаптації моделі до умов конкретної задачі, потребують внесення мінімальної кількості початкових даних, тобто повністю відповідають вимогам масового застосування в системах планування і управління, оскільки знижують до мінімуму можливість виникнення помилок і не вимагають високої кваліфікації від виконавця. Основний тягар відповідальності за результати розв'язку переноситься на розробника мультимоделі.

Під час розроблення мультимоделі враховується, що вона є елементом системи управління, а тому передбачають цілеспрямоване використання результатів розв'язку задачі в наступних технологічних операціях підготовки і вибору остаточного варіанта, для цього в мультимоделі виділяють окрему групу підрахунку економічних показників, числові значення яких отриму-

ються разом з розв'язками задачі. Надалі в процесі передбачається порівняльний аналіз результатів за різними варіантами розв'язків. Для проведення ефективного порівняльного аналізу потрібні мінімальні витрати часу, що сприяє використанню мультимodelей під час розроблення систем оперативного управління, які працюють в режимі "сьогодні-на-сьогодні".

Можливості мультимodelей розкриваються повністю за наявності механізмів управління трансформацією моделі. У сучасних умовах організації роботи діалогових систем реалізація таких механізмів не викликає жодних труднощів, тому розроблення систем планування і управління можливе в широкому діапазоні застосування. Перші практичні моделі розроблені для потреб систем управління кормовиробництвом сільськогосподарських підприємств. Запропонована структура моделей і підходи рекомендовано для використання в інших галузях господарського комплексу.

Мультиваріантні моделі відкривають нові перспективи розвитку методів математичного моделювання, сприятимуть масовому впровадженню методів математичного моделювання у виробництво у вигляді інформаційних технологій, які забезпечать достатні рівні автоматизації моделювання і управління технологічними процесами, в яких моделювання використовується як засіб досягнення мети.

Література

1. **Канторович Л.В.** Математические методы организации и планирования производства / Л.В. Канторович. – Л. : Изд-во ЛГУ. – 1963. – 243 с.
2. **Бирман И.Я.** Транспортная задача линейного программирования / И.Я. Бирман. – М. : Экономиздат, 1962. – 241 с.
3. **Бир С.С.** Кибернетика и управление производством / С.С. Бир. – М. : Изд-во "Наука", 1963. – 187 с.
4. **Браславец М.Е.** Экономико-математические методы в организации и планировании сельского хозяйства / М.Е. Браславец. – К. : Вид-во "Урожай", 1972. – 342 с.
5. **Кадюк З.С.** Економіко-математичні моделі розрахунку оптимального плану розвитку тваринництва і кормо-виробництва / З.С. Кадюк // Лекція. – Дубляни : Вид-во ЛСПІ. – 1973. – 43 с.
6. **Кравченко Р.Г.** Экономико-математические модели задач по сельскому хозяйству / Р.Г. Кравченко. – М. : Изд-во "Экономика", 1965. – 311 с.
7. **Наконечный С.І.** Погодний ризик АПК: адаптивне моделювання, економічне зростання та прогнозування / С.І. Наконечний, С.С. Савіна. – К. : Вид-во ДЕМІУР, 1998. – 186 с.
8. **Досяк О.І.** Основи автоматизації процесу побудови числових економіко-математичних моделей / О.І. Досяк // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький. – 1998. – № 6. – Ч. 2. – С. 150-153.
9. **Досяк О.І.** Методи побудови лінійних мультизадачних економіко-математичних моделей / О.І. Досяк // Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький. – 1998. – № 5. – С. 131-136.

Досяк О.І. Методика разработки мультивариантных моделей для систем поддержки принятия оптимальных решений (СППОР) в менеджменте

Рассмотрена методика разработки мультивариантных моделей для систем поддержки принятия оптимальных решений (СППОР) в менеджменте. Мультивариантные модели предназначены для быстрого автоматизированного способа подготовки принятия оптимальных решений в менеджменте организаций.

Dosyak O.I. Methodology of development of multivariant models for the optimal decisions support systems (ODSS) in management

Given article is dedicated by the question of the methodology of development of multivariant models is considered for the systems of support of optimal decisions (ODSS) in a management. Multivariant models are the preparations of acceptance of optimal decisions intended for the rapid automated method in the management of organizations.

УДК 674.05.055 *Аспір. Р.Р. Климаш; проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук; доц. Л.О. Тисовський, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів; викл. Л.М. Дорундяк; викл. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук – Коломийський політехнічний коледж*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ЗАПИЛЕНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯ В ТРУБОПРОВОДІ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ АСПІРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Побудовано повну систему рівнянь руху запиленого повітря в трубопроводі децентралізованої аспіраційної з автономними вентиляторами. Отримано вирази для визначення поля швидкостей запиленого потоку повітря. Виконано числовий аналіз задачі.

Значний вплив на роботу децентралізованої аспіраційної системи з автономними вентиляторами (ДАС з АВ) мають особливості руху пилоповітряної суміші у трубопроводах. Трубопровід – це циліндрична труба круглого поперечного перерізу, а запилений потік повітря можна змодельовати в'язкою рідиною (газом).

Виберемо систему координат таким чином, щоб вісь z була спрямована вздовж осі труби. Позначимо через A поперечний переріз труби площиною xy і через L контур, що обмежує A (рис. 1). Отже, L – коло радіуса R із центром у початку системи координат. Дослідимо рух повітря в трубі, припустивши, що лінії течії – прямі, які є паралельними до осі z , тобто іншими словами, із трьох компонент вектора швидкості $\vec{V}(u, v, w)$

$$u = 0, v = 0, w \neq 0.$$

Припустимо, в першому наближенні, що розглядається ізотермічний процес, тобто температура $T = \text{const}$.

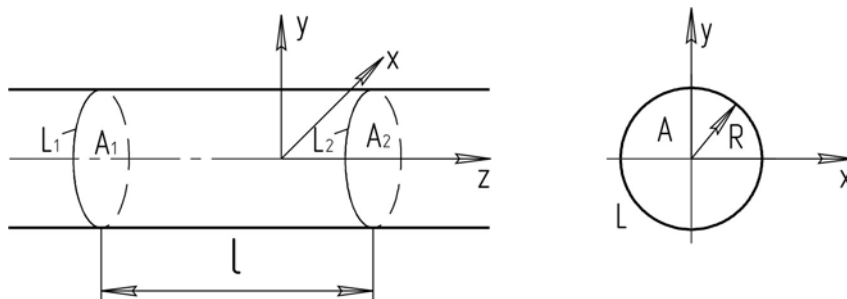


Рис. 1. До дослідження руху запиленого повітря у трубопроводі

Повна система рівнянь руху в'язкої рідини (газу) [1] складається із рівнянь нерозривності

$$\text{div} \vec{V} = 0 \tag{1}$$

і рівнянь Нав'є-Стокса: