5. *Ловейкин В.С.* Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин : учеб. пособие // *В.С. Ловейкин*. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
6. *Ловейкін В.С.* Оптимізація перехідних режимів руху кранового візка за інтегральним критерієм квадрату різниці швидкостей візка і вантажу / *В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2010. – № 2. – С. 51–55.
7. *Эльсгольц Л.Э.* Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. // *Эльсгольц Л.Э.* – М.: Наука, 1969. – 424 с.

Построена динамическая и математическая модель кормосмесителя винтового типа. Методами вариационного исчисления решено задачи оптимизации режимов движения. За критерий оптимизации взято среднеквадратичное отклонение ускорений угловых координат промежуточных масс. Построены графики оптимального режима движения и желаемого закона изменения движущего момента.

Оптимизация, шнек, режимы движения, математическая модель, вариационное исчисление.

The dynamic and mathematical model of feeder of screw type is constructed. By methods of calculus of variations are solved problems of optimization of modes of motion. For criterion of optimization the root-mean-square deviation of angular coordinates of second and third weights is taken. Schedules of optimum mode of movement and desirable law of change of driving moment are constructed.

Optimization, screw, modes of motion, mathematical model, calculus of variations.

УДК 697.1(075)

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ І ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВЕНТИЛЬОВАНИХ КАНАЛІВ

Б.Х. Драганов, доктор технічних наук

Викладена конструкція огорож з більш досконалими аеродинамічним і тепловими показниками. Наведено дані експериментальних досліджень. Наведено метод розрахунку.

Аеродинаміка, метод, конструкції, канал.

© Б.Х. Драганов, 2012

Постановка проблеми. У багатьох регіонах країни в процесі експлуатації будівель помітно підвищується ступінь вологості зовнішніх конструкцій, що призводе до збільшення теплових втрат.

При цьому зміни вологості матеріалу в зоні фазового переходу залежить від фронту розміщення фазового переходу в товщині однорідного матеріалу.

Метод досліджень. Процеси дифузії водяної пари в огороджувальній конструкції можуть бути ускладнені молярним перенесенням вологого повітря. Параметр, який відповідає за здатність вологого повітря утримувати водяний пар - C_e являє собою аналог теплоємності повітря в процесі передачі теплоти (ч/кг Па), і визначається за формулою:

$$C_e = \frac{622 P_0}{\left[P_0 - \frac{\varphi_{возд}}{100} E_s \right]}, \qquad (1)$$

де P_0 – тиск навколишнього середовища, Па; φ – відносна вологість навколишнього повітря; E_S – максимальний тиск водяної пари при даній температурі, Па.

Питома відносна пароємність залежить від вологості повітря в порах матеріалу огороджувальних конструкцій і визначається диференціюванням ізотерм сорбції [2, 3]:

$$\varepsilon_0 = 1000 \frac{\partial \omega}{\partial \varphi}, \qquad (2)$$

де ω – вагова сорбційна вологість матеріалу; φ – відносна вологість повітря в порах матеріалу.

Аналіз показав, що одним з перспективних напрямків щодо запобігання конденсації водяної пари в товщі зовнішніх огороджувальних конструкцій є використання в них вентильованих каналів. Проте існуючі моделі конструкцій вентильованих стін мають недолік: при надходженні повітря, що використовується для рекуперації теплоти у вентильованих конструкціях відбувається відрив повітряного потоку, який направляється до протилежної стінки вентканалу. Внаслідок відривних явищ невелика частина перетину вентиляційного каналу охоплена повітряним потоком. Відрив потоку супроводжується вихровими рухами, які в основному виникають в місцях, не охоплених основними потоками. У зовнішніх огородженнях подібної конструкції витрата повітря значно менше теоретично можливого для даного перетину вентиляційних каналів.

Результат досліджень. Технічним рішенням задачі є поліпшення конструкцій вентильованого каналу в аеродинамічному відношенні. Був запропонований вентильований канал, що відрізняється тим, що ділянки які підводять і відводять розташовані під 120–130° до основної ділянки. Крім того, їх з'єднання з основною,

вертикальною ділянкою закруглено (рис. 1), що призводить до зменшення відривних явищ і, як слід, до помітного зменшення аеродинамічних втрат.

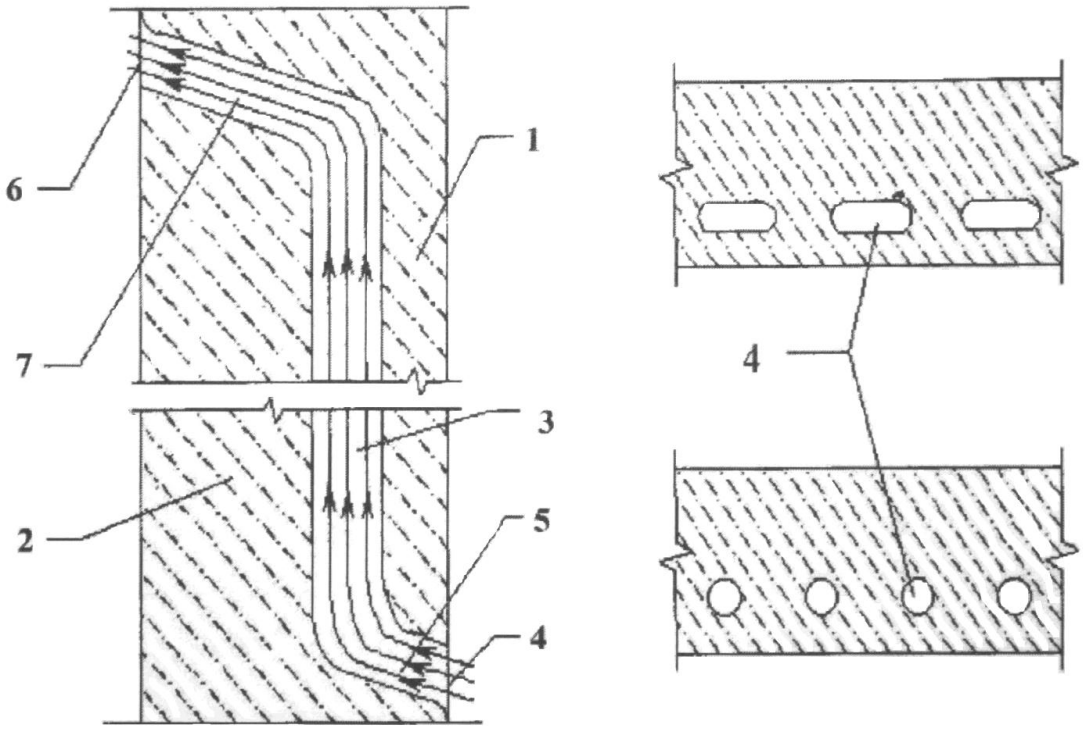

Рис. 1. Одношарова вентильована панель зовнішнього огородження з природною і зі штучною (механічної) вентиляцією: 1 – зовнішній захисно-декоративний екран, 2 – внутрішній несучий шар, 3 – вентиляційний канал, 4 – припливні отвори, 5 – похила підвідна ділянка; 6 – повітро-випускний отвір, 7 – похила відвідна ділянка.

З метою оцінки ефективності запропонованої конструкції вентильованого каналу були проведені експериментальні дослідження.

У теплому відсіку кліматичного комплексу підтримувалися параметри повітря, характерні для тваринницького приміщення ($t_в$=14±1,0°С, φ_H=75±3,0%). В холодильному відсіку термобарокамерах створювалися кліматичні умови зимового зовнішнього повітря ($t_н$ =-19 ±1,5°С, φ_H=79 ± 3,0%). Температура повітря, що нагнітається в вентильовані канали, змінювалася 0...6°С.

При проведенні експерименту розглядалися чотири варіанти огороджувальних конструкцій: суцільної стінки (А); з розташуванням каналу ближче до внутрішньої поверхні огорожі (Б), з розташуванням каналу ближче до зовнішньої поверхні огородження (В) і з розташування каналу в центрі огородження (С). Розташування вентильованих каналів у товщі огороджувальних конструкції показано на рис. 2.

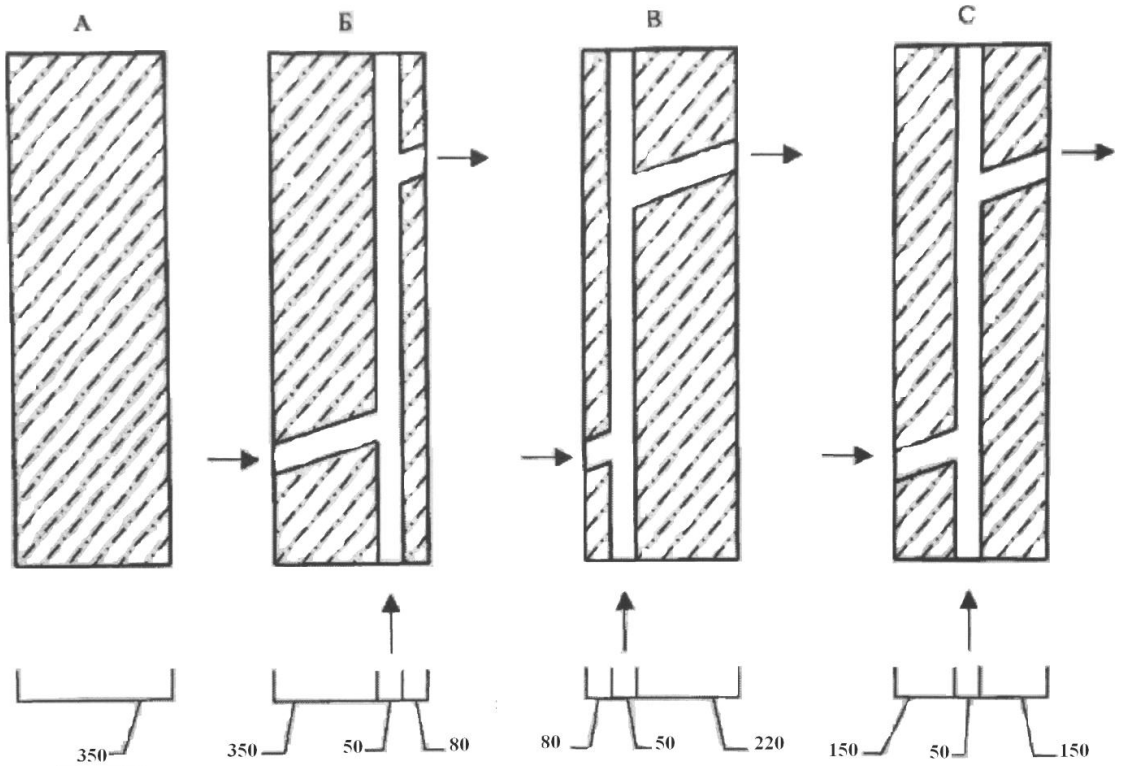

Рис. 2. Конструкції досліджуваних фрагментів огорожі: А – контрольна ділянка; Б – з каналами, наближеними до внутрішньої поверхні огородження; В – з каналами, наближеними до зовнішньої поверхні огородження; С – з каналами в центрі огорожі.

Досліджувалися наступні режими:

• вентиляція прошарків попередньо нагрітим повітрям;

• природна вентиляція зовнішнім повітрям;

• невентильовані канали (огородження з герметичними каналами).

В якості контрольного режиму для оцінки теплофізичних характеристик огорож приймалися дані, отримані для огорожі без каналів (варіант А).

При проведенні натурних випробувань теплофізичних використовуються прилади та обладнання згідно ГОСТ 26254-84. Вимірювання температури проводилися за допомогою мідь-констанових термопар (-50 ... +150°С, ±0,2°С), які пластиліном кріпилися до внутрішньої і зовнішньої поверхні досліджуваного огородження (рис.3). Отримані при обробці результатів середні за період спостереження значення температури округляються до 0,1°С. Заміри щільності теплового потоку проводилися датчиком перетворювача теплового потоку ПТП-0.11.13.14.00 (0-20000 Вт/м^2, ±5%). Результати значень теплових потоків округлюються до 0,1 Вт/м^2.

Термопари і тепломіри через багатоточкові перемикачі серії ПТИ-М підключаються до електронного вольтметру В7-21А, за

допомогою якого визначається термо-ерс кожного датчика. Відносну вологість повітря визначали психрометром ВМ-4М. Для вибору оптимальної схеми розміщення датчиків, що враховують конструктивні особливості досліджуваної огорожі, проводиться попереднє тепловізійне обстеження поверхні панелі. При цьому захисну конструкцію піддають термічній обробці і знімають температурне поле за допомогою пірометрома ПСИ-14. Це дозволяє виявити термічно однорідні зони і розташування теплопровідних включень, їх конфігурацію і розміри.

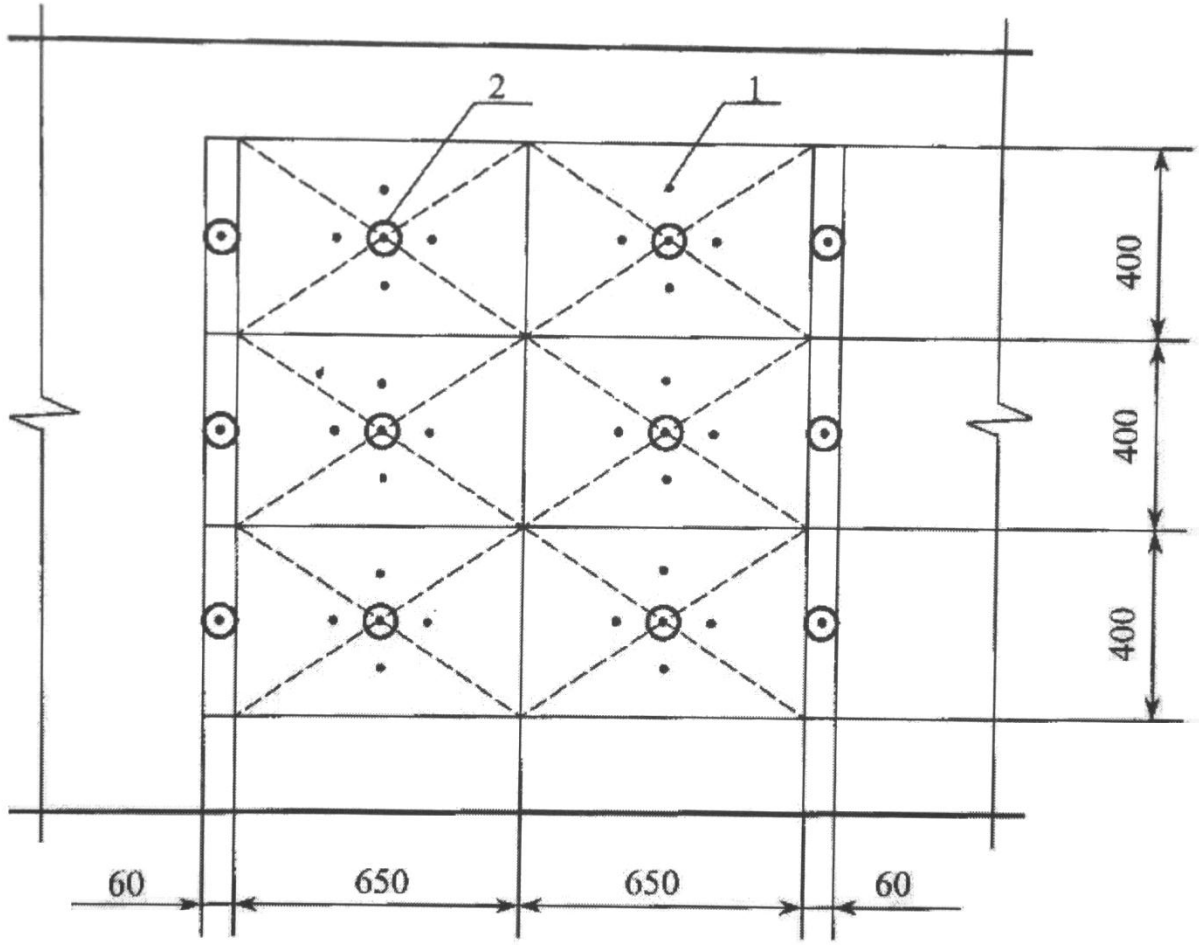

Рис. 3. Схема розташування датчиків: 1 – датчик температури, 2 – датчик перетворювача теплового потоку.

На основі аналізу проведених експериментальних досліджень було встановлено, що відношення опору теплопередачі при стандартній конструкції до рекомендованої рівне 0,145 / 0,398 м^{2}К/Вт. Отриманий результат переконливо говорить про те, що слід віддавати перевагу вентиляційних каналів з підвищеними аеродинамічними показниками.

Експериментальні дані слід доповнити результатами теоретичних розрахунків. Приймемо, що середовище потоку обноситься нестисливої рідини, вентиляційний канал має

циліндричну форму. Теплофізична модель динаміки руху в'язкої середовища описується системою рівнянь: рівняння нерозривності потоку рідини:

$$\frac{\partial w}{\partial z}+\frac{\partial \upsilon}{\partial r}+\frac{\upsilon}{r}=0; \qquad (3)$$

рівняння руху рідини в трубі (свердловині) - рівняння Нав'є-Стокса:

$$\frac{\partial \upsilon}{\partial \tau}+w\frac{\partial \upsilon}{\partial z}+\upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial r}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial r}+\frac{\partial}{\partial z}[v_{eff}(\frac{\partial \upsilon}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial r})]+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(2rv_{eff}\frac{\partial v}{\partial r}); \qquad (4)$$

$$\frac{\partial w}{\partial \tau}+w\frac{\partial w}{\partial z}+\upsilon\frac{\partial w}{\partial r}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial z}(2rv_{eff}\frac{\partial w}{\partial z})+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}[rv_{eff}(\frac{\partial w}{\partial r}+\frac{\partial \upsilon}{\partial z})]; \qquad (5)$$

рівняння теплопереносу в потоці рідини має загальний вигляд:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau}+\upsilon\frac{\partial t}{\partial r}+w\frac{\partial t}{\partial z}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}[r(\frac{v}{\mathrm{Pr}}+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_t})\frac{\partial t}{\partial r}]+\frac{\partial}{\partial z}[(\frac{v}{\mathrm{Pr}}+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_t})\frac{\partial t}{\partial z}]; \qquad (6)$$

рівняння теплопровідності в стінці труби свердловини і в гірському масиві:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau}=a(\frac{1}{r}\frac{\partial t}{\partial r}+\frac{\partial^2 t}{\partial r^2}+\frac{\partial^2 t}{\partial z^2}). \qquad (7)$$

Для опису турбулентного переносу крім рівнянь Нав'є-Стокса та теплопереносу, в цю систему додаються рівняння для кінетичної енергії турбулентності k і швидкостей її дисипації ε, а саме: рівняння для кінетичної енергії турбулентності:

$$\frac{\partial k}{\partial \tau}+w\frac{\partial k}{\partial z}+\upsilon\frac{\partial k}{\partial r}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r(v+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_k})\frac{\partial k}{\partial r})+\frac{\partial}{\partial z}((v+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_k})\frac{\partial k}{\partial z})+G_k-\varepsilon-D_k; \qquad (8)$$

рівняння для швидкості дисипації енергії:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau}+w\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}+\upsilon\frac{\partial \varepsilon}{\partial r}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r(v+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_\varepsilon})\frac{\partial \varepsilon}{\partial z})+\frac{\partial}{\partial z}((v+\frac{v_t}{\mathrm{Pr}_\varepsilon})\frac{\partial \varepsilon}{\partial z})+\frac{\varepsilon}{k}C_{1\varepsilon}G_k-\frac{\varepsilon}{k}f_\varepsilon-R_\varepsilon. \qquad (9)$$

При турбулентному режимі течії в рівняння теплопереносу (6) вводиться турбулентність число Прандтля Pr_t яке для різних моделей турбулентної в'язкості визначається по-різному. Для стандартної k-ε – моделі турбулентне число Прандтля залишається постійною величиною, або визначається емпіричними, а для RNG k-ε – моделі турбулентне число Прандтля представлено рішення трансцендентного рівняння [5]:

$$\left|\frac{\mathrm{Pr}_t^{-1}-1.3929}{\mathrm{Pr}^{-1}-1.3929}\right|^{0.6321}\left|\frac{\mathrm{Pr}_t^{-1}+2.3929}{\mathrm{Pr}^{-1}+2.3929}\right|^{0.3679}=\frac{v}{v_t}.$$

Для визначення числа Прандтля для кінетичної енергії турбулентності використовується співвідношення:

$$\left|\frac{\mathrm{Pr}_t^{-1}-1.3929}{0.3929}\right|^{0.6321}\left|\frac{\mathrm{Pr}_t^{-1}+2.3929}{3.3929}\right|^{0.3679}=\frac{v}{v_t}.$$

Для RNG k-ε – моделі значення числа Прандтля для кінетичної енергії та для швидкості її дисипації збігаються, для інших моделей динаміки турбулентності визначається, як правило, емпірично.

Висновки

1. Пропоновані обмеження конструкції з вентильованим каналом має ряд переваг як в аеродинамічному, так і в тепловому відношенні:

- і за відсутності відривних явищ, витрата повітря була не менше, ніж на 40%;
- опір теплопередачі зменшується приблизно в два рази.

2. Гідродинамічний розрахунок слід виконувати з урахуванням турбулентності та її дисипації.

Список літератури

1. *Черных Л.Ф.* Расчет теплопередачи через трехслойную стенку при периодическом изменении температуры наружного воздуха / *Черных Л.Ф., Крылова Т.Д., Дрозач Е.А.* // ВКН : конструкции грандиозных зданий. – К, 1995. – С. 66–79.
2. *Богословский В.Н.* Строительная теплофизика / *В.Н. Богословский*. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
3. *Ушков Ф.В.* Теплопередача через ограничения при фильтрации воздуха / *Ф.В. Ушков*. – М.: Стройиздат, 1969. – 144 с.
4. *Грудзинский М.М.* Оптимально-вентиляционные системы зданпа повышенной вмешности / *Грудзинский М.М., Ливчак В.И., Поз М.Я.* – М.: Стройиздат, 1982. – 258 с.
5. *Авраменко А.А.* Групповые методы в теплофизике / *Авраменко А.А., Бисок Б.И., Кузнецов А.В.* –К.: Наукова думка, 2003. – 483 с.

Изложенная конструкция изгородей с более совершенными аэродинамическим и тепловыми показателями. Приведено данные экспериментальных исследований. Приведен метод расчетов.

Аэродинамика, метод, конструкции, канал.

The stated design of fences with more perfect aerodynamic and thermal parametres. It is cited the data of experimental researches. The method of calculations is resulted.

Aerodynamics, method, designs, channel.

УДК 631.173.631.312.021

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН КЕРУВАННЯМ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ЇХ ДЕТАЛЕЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

М.І. Денисенко, кандидат технічних наук

© М.І. Денисенко, 2012