

ABSTRACT

A numerical study of a two-dimensional, turbulent, recirculating flow with mechanically ventilated enclosure type clean room that contains a contamination source is presented. The study is based on the solution of the elliptic partial differential equations representing conservation of mass, momentum, concentration, turbulence energy and its dissipation rate in finite volume form. Algebraic expressions for the turbulent viscosity and diffusion coefficients are calculated using the two-equation model ($k - \epsilon$). A computer program was built to simulate turbulent, two-dimensional, recirculating flow within an enclosure. Different parameters are considered to illustrate their influences on the flow and diffusion fields. These parameters include geometry of the rooms with different aspect ratios, exhaust inlet position, the level of air changes per hour (ACH) 1/hour (The effect of air change rates was evaluated by varying Reynolds number (Re) from 3.4×10^4 - 1.01×10^5 corresponding to supply outlet velocities $u_0 = 1.14$ - 3.4 m/s) and position of the pollutant source. The computed results were compared with experimental and predictions results of previous workers which were used as a test case to validate the performance of the present computational procedure.

It is concluded that the arrangement of the exhaust inlets rather small affects the entire flow field (unless short circuit occurs) for L/H ranging from (1 to 3) while it has a large influence on the contaminant diffusion field. The larger the air changes rate, the larger is the area of low concentration. The closer the pollutant source is to the exhaust inlet, the more efficiently it will be removed than the other models of contaminant source locations. The detailed analyses of a flow field, contaminant diffusion field by simulation make it possible to comprehend clearly the structure of velocity and diffusion field in clean room. From examining of distribution of contaminant concentration, one can know which zone is dangerous because of highly contaminated air and where the contaminant remains unexhausted and where the contaminant is exhausted smoothly.

الخلاصة

شملت الدراسة الحاسوبية الحالية محاكاة الجريانات ألد ورائية المضطربة ثنائية الأبعاد داخل حيز ذات تهوية قسرية وبداخله مصدر للتلوث وبترتيبات هندسية مختلفة. تتضمن الدراسة حل المعادلات التفاضلية الجزئية الأهلجية والمتمثلة بحفظ الكتلة، الزخم، انتقال الكتلة، الطاقة المضطربة ومعدل ضياعها، باستخدام الحجوم المحددة (finite volume) ولقد حلت هذه المعادلات سوية مع الصيغ الجبرية للزوجة المضطربة (turbulent viscosity) ومعامل الانتشارية (diffusion coefficient) بوجود نظام الاضطراب المسمى $(k - \epsilon)$.

تم بناء برنامج حاسوبي أهليجي ثنائي الأبعاد لحساب الجريان المضطرب للهواء وتوزيع التلوث داخل الحيز المدروس ومن خلال ترتيبات هندسية مختلفة وقد حددت تلك الترتيبات نسبة إلى تغيير في موقع فتحة إرجاع الهواء في الغرفة (exhaust)، نسب باعية مختلفة، كما تمت دراسة تأثير زيادة عدد مرات تغيير الهواء (ACH) من خلال تغيير سرعة الهواء الداخل. وقد تم رسم ومناقشة عدة أشكال لتوزيع الهواء (Flow patterns) وانتشار التلوث من خلال تغيير مواقع مصدر التلوث. تم اختبار الجريانات المضطربة المتولدة داخل حيز مستطيل الأبعاد كحالة اختباريه أولية لتقييم أداء البرنامج الحاسوبي الحالي مع نتائج بحثية نظرية وتجريبية سابقة، وبيئت تلك النتائج تطابق معقول. وبناءً على ذلك تم إجراء الحسابات لجريان مضطرب داخل حيز مغلق.

النتائج أوضحت إن لموقع فتحة خروج الهواء تأثير غير كبير على نموذج الجريان (ما لم تحصل دائرة قصر أو مناطق ركود) لمدى معين من النسب الباعية في الوقت الذي يغير وبشكل كبير توزيعات انتشار التلوث داخل الغرفة وحسب موقع مصدر التلوث.

كما تبين بان تصريف الهواء من منطقة قريبة من مصدر التلوث يعطى كفاءة أعلى في تصريف الملوثات من بقية المواقع. كما إن زيادة عدد مرات تبديل الهواء يعنى زيادة المساحة ذات تراكيز تلوث قليلة. تحليل نتائج المحاكاة تجعل من الممكن أدراك وبشكل واضح كل من حقلي السرعة والانتشار والتي توفر وسيلة لمعرفة أي المناطق أكثر تلوثاً وأين يمكن أن تبقى بدون تصريف أو يتسرب بشكل سلس.