

УДК 533

Моделирование пусковых режимов работы тепловой завесы

Д-р техн. наук А. Ю. ГРИГОРЬЕВ, И. А. РУБЦОВ, А. А. ШИЛЕЦ

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Rising demand for energy efficiency of thermal screens, which provide the desired temperature and other parameters in rooms with open doorways, make it necessary to explore various ways to use this type of equipment, including the launches of short-term period of not opening openings. Simulation of start-up modes allow thermal screens during the design and equipment selection to take into account all the possibilities of the thermal screens, including, if necessary, and its periodic, short-lived particles.

Keywords: aerodynamics, thermodynamics, air conditioning, thermal screens.

Ключевые слова: аэродинамика, термодинамика, кондиционирование, тепловые завесы.

Повышение требований к энергоэффективности работы воздушных тепловых завес (ВТЗ), обеспечивающих необходимую температуру и другие параметры в помещениях с открытыми проемами, вызывает необходимость изучения различных способов применения данного вида оборудования, включая кратковременные пуски на период не долгосрочного открытия проемов.

Моделирование пусковых режимов работы ВТЗ позволит на этапе проектирования и подбора оборудования учесть все возможности данной ВТЗ, в том числе и при необходимости ее периодических, кратковременных включений. Математическая модель аэро- и термодинамических процессов в проемах, оснащенных тепловыми завесами, базируется на уравнениях Рейнольдса и др., описывающих нестационарное, турбулентное течение вязкого газа [1]. Поставленная задача решена конечно-разностным методом, программа расчета составлена на алгоритмическом языке Visual Basic, пакет которого традиционно входит во все последние версии Windows для персонального компьютера.

Исходные данные для расчета соответствуют ВТЗ среднего класса «Классик», производства завода «Арктос», С-Петербург: скорость течения воздуха на выходе из ВТЗ $V = 7,1 \text{ м/с}$; температура $306,5 \text{ К}$; высота проема $H = 1,6 \text{ м}$; ширина расчетной области $L = 1,4 \text{ м}$; температура наружного воздуха ($273,1\text{--}273,3 \text{ К}$) и температура в помещении ($293,4\text{--}294,8 \text{ К}$) переменны по высоте.

На рис. 1 представлены поля температур и скоростей течения воздуха в сечении, находящемся в середине проема и расположенному перпендикулярно плоскости проема, для различных моментов времени t после начала работы тепловой завесы.

В первые моменты после начала работы ВТЗ начинается процесс вытеснения ранее находившегося воздуха более теплым из завесы (см. рис. 1, а–г). Постепенно оттесняется холодный воздух от сечения проема, если в начальный момент времени для всех $L = -0,14\ldots -0,7 \text{ м}$ (снаружи от проема) температура ниже 278 К , то уже после двух секунд работы завесы эта область значительно сужается и сдвигается в пра-

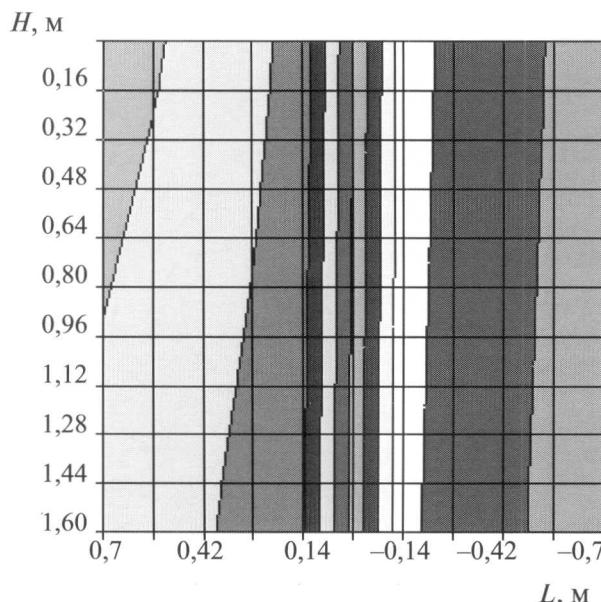
во примерно до $L = -0,65\ldots -0,7 \text{ м}$, а в области $L = -0,14\ldots -0,65 \text{ м}$ и $H > 0,8 \text{ м}$ температура воздуха становится от 284 К до 294 К . Внутри помещения ($L > 0$) так же происходит увеличение температуры воздуха, но не так сильно как снаружи. Здесь просто пропадают области с температурой меньше $288\text{--}290 \text{ К}$, уменьшается область с температурой $290\text{--}292 \text{ К}$ и увеличивается область с температурой $292\text{--}294 \text{ К}$, а вблизи сечения проема из-за поступления воздуха из ВТЗ появляются области с температурой воздуха до 304 К . Для всех моментов времени (см. рис. 1, а–з) чуть холодней воздух снаружи от проема в верхней и нижней областях расчета. В верхней области расчета это объясняется поступлением холодного воздуха сверху, а в нижней части затеканием более холодного, а значит имеющего большую плотность, воздуха частично вытесняющего более легкий теплый воздух из завесы вверх. Это подтверждается и полями скоростей течения воздуха. К третьей секунде работы завесы (рис. 1, г) струя теплого воздуха достигает пола проема и начинается ее растекание с подъемом части теплого воздуха вверх из-за действия Архимедовых сил, что показано на рис. 1, г–е.

Для моментов времени $3 \leq t \leq 14 \text{ с}$ (см. рис. 1, г–ж) поля температур и слева, и справа от проема меняются в сторону увеличения областей с более высокой температурой. Внутри помещения, практически во всей расчетной области начиная с пятой секунды работы ВТЗ (рис. 1, д), температура воздуха становится выше 294 К и происходит увеличение областей с более высокой температурой. Снаружи помещения (области от $288\text{--}290 \text{ К}$ до $294\text{--}296 \text{ К}$) существенно растет температура в нижней части проема.

На рис. 1, ж, з поле температур для $t \geq 14 \text{ с}$ практически не меняется и можно считать что завеса вышла на стационарный режим работы. При этом поле скоростей выходит на стационарный режим раньше, уже после пятой секунды работы завесы, поля скоростей течения воздуха в расчетном сечении примерно одинаковы (рис. 1, д, е).

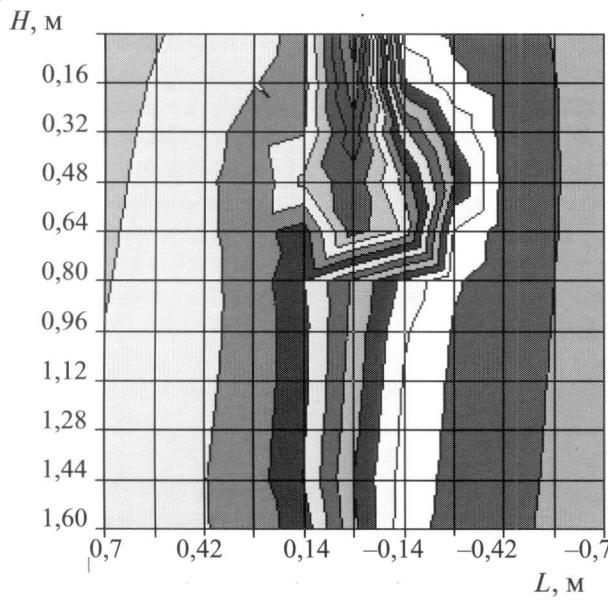
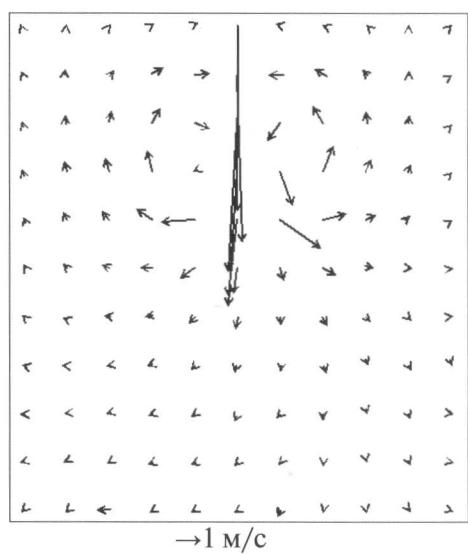
Таким образом, если данная ВТЗ работает в режиме кратковременных пусков при заданных условиях, то на стационарные условия работы по всем

а

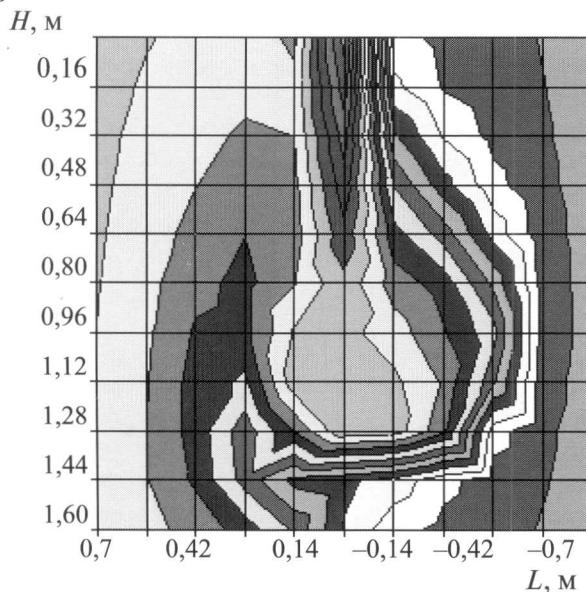
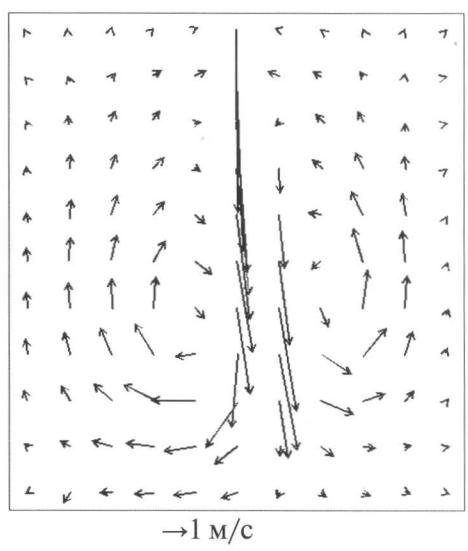
 $t = 0 \text{ с}$

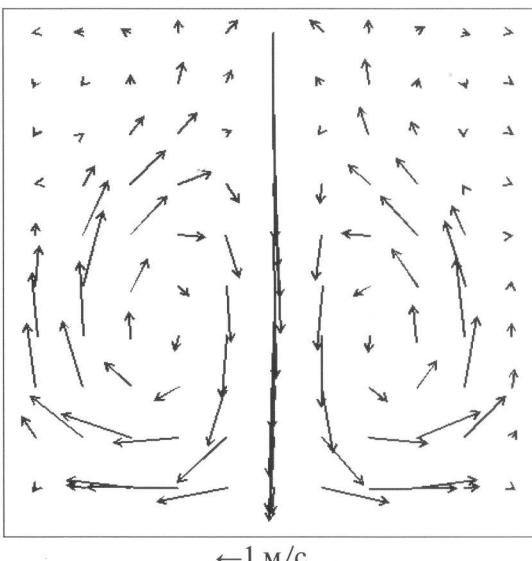
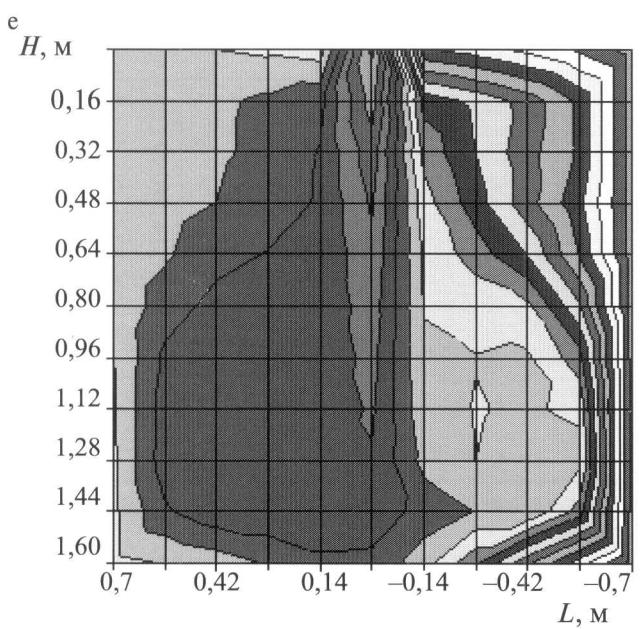
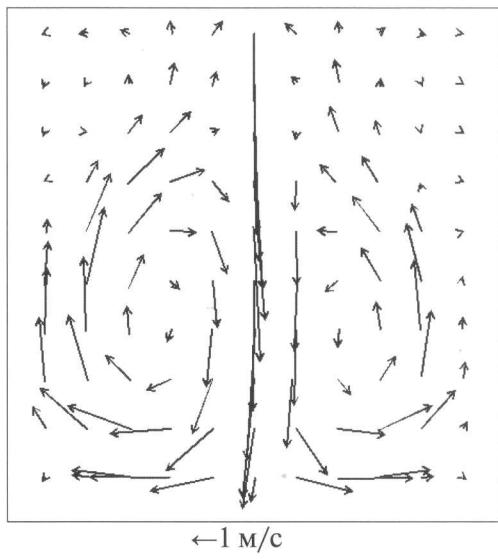
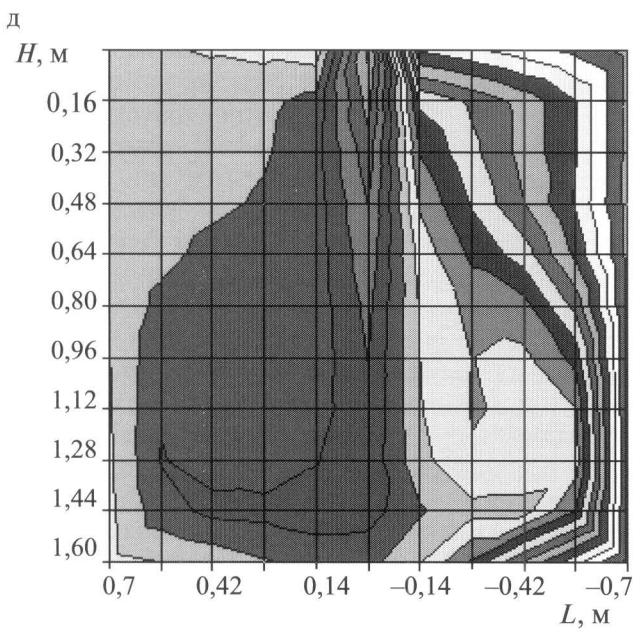
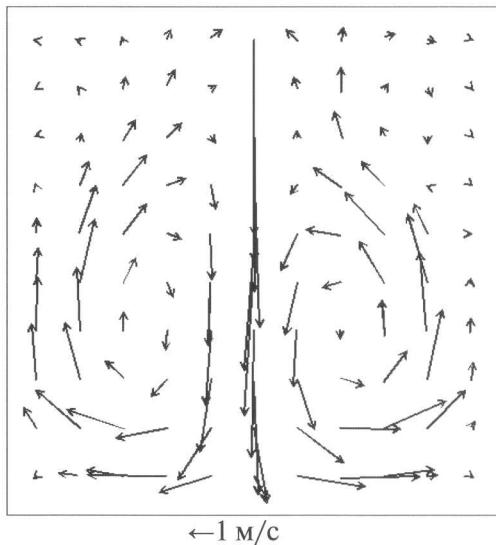
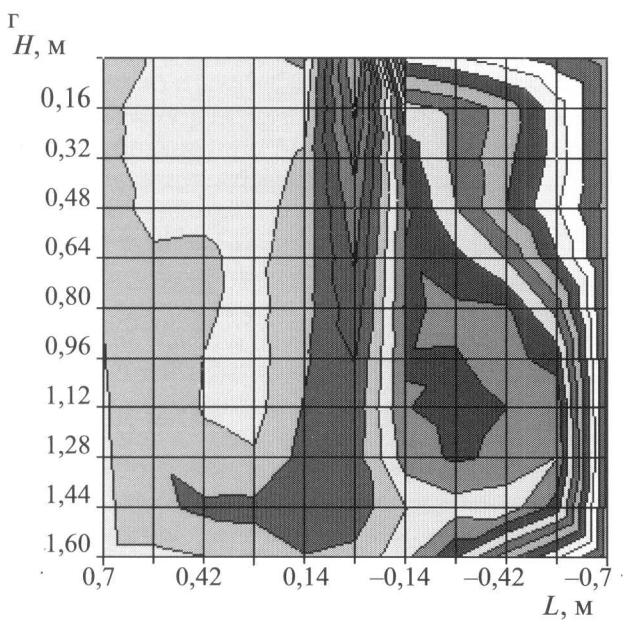
■ 272–274	■ 274–276	□ 276–278
□ 278–280	■ 280–282	■ 282–284
■ 284–286	□ 286–288	■ 288–290
■ 290–292	□ 292–294	■ 294–296
■ 296–298	■ 298–300	■ 300–302
■ 302–304	■ 304–306	□ 306–308

б

 $t = 0,5 \text{ с}$ 

в

 $t = 1 \text{ с}$ 



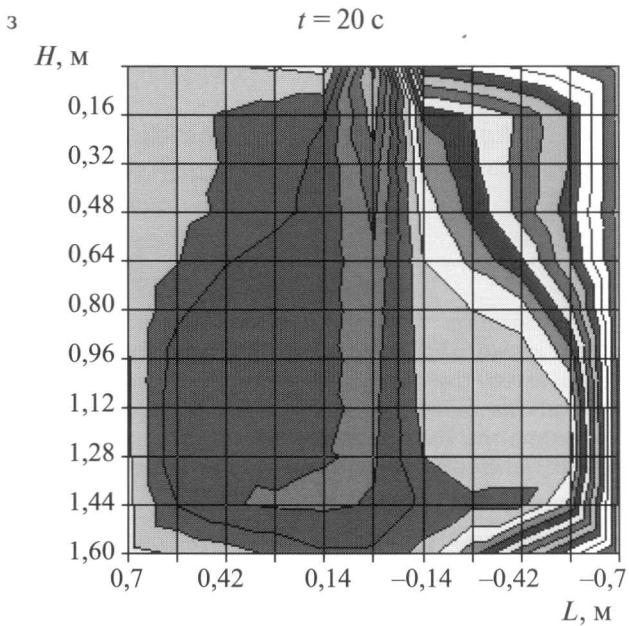
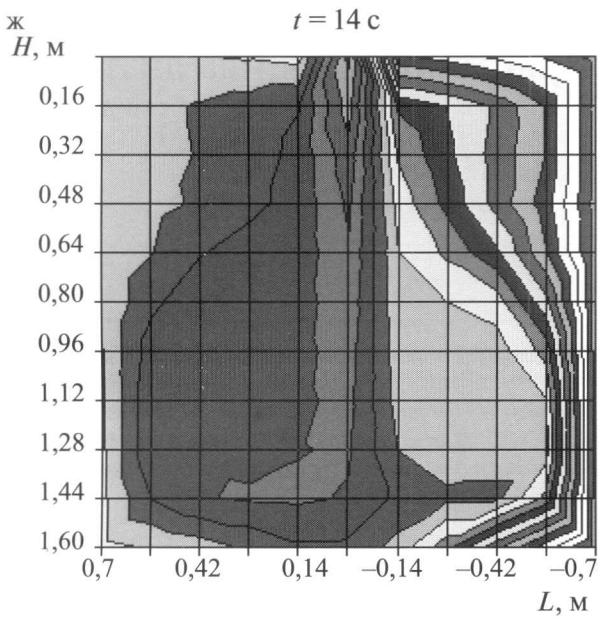


Рис. 1. Поля температуры и скорости течения воздуха в проеме в различные моменты времени

параметрам (температура и скорость течения воздуха в проеме) она выходит только через четырнадцать секунд после включения. Для иных условий работы ВТЗ (высота проема, температура вне и внутри помещения, наличие ветряного напора и др.) время выхода на стационарный режим работы будет другое.

Список литературы

1. Григорьев А. Ю., Рубцов И. А. и др. Постановка задачи моделирования аэро- и термодинамических процессов в проемах, оснащенных тепловыми завесами // Известия СПбГУНиПТ. 2008. № 2.