

(в вакуумной емкости, в первой и вспомогательной форкамерах и т.д.) и управлению по определенному алгоритму различными элементами установки. В АСУ предусмотрено два режима сбора данных и управления установкой. Первый режим обеспечивает подготовку к эксперименту в достаточно медленном темпе (до нескольких часов): в нем производятся различные предустановки, калибровки, измерения и непосредственный ввод в компьютер показаний датчиков аэродинамической установки и их отображение на экране монитора. Второй режим обеспечивает управление элементами установки и измерение показаний датчиков в темпе проведения эксперимента по заранее загруженным в память контроллеров АПК и ИИК цепочкам элементарных команд.

Собранная информация заносится в базу данных и в дальнейшем может использоваться при обработке полученных экспериментальных результатов [6–7].

Заключение. Таким образом, в данной работе представлена автоматизированная системы сбора данных и управления созданной в ИТПМ СО РАН высокоскоростной аэродинамической трубой кратковременного действия «Транзит-М».

В настоящее время созданная система используется на аэродинамической трубе в режиме опытной эксплуатации при проведении реальных научных экспериментов.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты РФФИ № 13-07-00440 и 14-07-00426), а также Программы Импортзамещения СО РАН.

Список литературы

1. Звездинцев В.И. Газодинамические установки кратковременного действия / Часть 1. Установки для научных исследований. – Новосибирск: Параллель, 2014. – 551 с.
2. Запрягаев В.И., Гилев В.М., Певзнер А.С., Собстель Г.М., Гаркуша В.В., Яковлев В.В. Автоматизированные системы сбора и обработки экспериментальных данных в аэродинамических трубах периодического действия // Проблемы и достижения прикладной математики и механики: к 70-летию академика В.М. Фомина: сб. науч. трудов / ред. кол.: А.В. Федоров (отв. ред.) и др. – Новосибирск: Параллель, 2010. – С. 183–192.
3. Фомин В.М., Чиркашенко В.Ф., Волков В.Ф., Харитонов А.М. Влияние компоновки сверхзвуковых самолетов на параметры звукового удара // Теплофизика и аэромеханика. – 2011. – т. 18, № 4. – С. 525–542.
4. Запрягаев В.И., Гаркуша В.В., Гилев В.М., Мишнев А.С., Собстель Г.М., Яковлев В.В. Создание систем автоматизированного сбора экспериментальных данных на аэродинамических трубах // Вычислительные технологии. – 2013. – Т. 18. Спец. вып. – С. 21–28.
5. Гаркуша В.В., Гилев В.М., Мишнев А.С., Шпак С.И., Яковлев В.В. Автоматизированная система управления и сбора данных высокоскоростной аэродинамической трубы кратковременного действия // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 11 (ч. 1). – С. 25–27.
6. Гилев В.М. Средства автоматизации аэродинамического эксперимента // Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента: учеб. пособие для вузов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 497–536. – (Учебники НГТУ).
7. Гилев В.М., Шпак С.И., Яковлев В.В. Организация доступа к базе данных аэродинамических исследований // В мире научных открытий. – 2014. – № 4 (52). – С. 8–12.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН С ГОФРИРОВАННЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБШИВКАМИ

Должиков В.Н., Должикова Е.Н.

ФГБОУ ВПО «Сочинский государственный университет», Сочи, e-mail: doljikov_v@mail.ru

Широкое применение металлических трехслойных панелей в строительстве обуславливает актуальность исследовательских работ, направленных на совершенствование конструктивных решений при одновременном снижении расхода материалов и стоимости конструкций. Известно, что трехслойные конструкции с металлическими гофрированными обшивками в 15–20 раз легче традиционных железобетонных и легкобетонных конструкций.

Учитывая то, что затраты на материалы, применяемые для составных пластилин, составляют 90–92% [1] от общей стоимости, в качестве целевой функции принимается стоимость материала конструкции C , которая имеет следующий вид:

$$C = V_1 P_1 + V_2 P_2, \quad (1)$$

где V_1, V_2 – соответственно объём материала обшивки и заполнителя; P_1, P_2 – стоимость единицы объема материалов обшивки и заполнителя.

Принимая конструкцию обшивки с трапециевидальными гофрами, функция цели записывается в следующем виде:

$$C = 4\delta L P_1 \sum_{i=1}^n (a_i + b_i) + L l \cdot P_2 \sum_{j=1}^3 k_j H_j, \quad (2)$$

где δ – толщина обшивки листа; n – количество гофров на ширину пластины B ; L – длина пластины; l – длина участков поперечного сечения пластины с одинаковыми параметрами гофров; a_i – ширина полки i -го гофра; k_j – количество гофров на j -м участке поперечного сечения пластины; H_j – расстояние между геометрическими слоями обшивки; H_0 – толщина слоя заполнителя, подкрепляющего внутренние полки профиля обшивки; b_i – длина наклонной стенки i -го трапециевидального гофра.

Для решения математической модели трехслойной пластины с гофрированными обшивками использован подход к проектированию дискретно – равнопрочных составных изгибаемых пластин, основанный на принципе дискретной равнопрочности [2].

При дискретизации конструкции аналитические функции физических величин заменяются конечными множествами значений этих величин в фиксированных областях. Такие множества удобно считать векторными в многомерном пространстве. Срединная плоскость рассматриваемой пластины покрывалась расчетной сеткой, узловые точки которой приобретают смысл расчетных сечений.

Уравнения равновесия действительны для всех внутренних точек и являются ограничением

в виде равенств для целевой функции. В качестве ограничений типа неравенств в настоящей задаче использованы нелинейные условия прочности Хилла [3], которые являются условием прочности для внешних слоев пластины. Для заполнителя использованы ограничения типа:

$$|\tau_{\max}| \leq R_{T2},$$

где R_{T2} – расчетное сопротивление материала заполнителя сдвигу.

Расчет гофрированных конструкций сопряжен со значительными трудностями, которые возникают из-за сложной метрики их средней поверхности. Поэтому при оптимизации

для в (3) выражения для входящих параметров и учитывая, что $\sigma_{кр} = P_{кр} / \delta$ после преобразования получили выражение критических напряжений:

$$\sigma_{кр} = \sqrt{\frac{\pi^4 \bar{E}_{np} \delta^3 H_n}{a^4 E_3 12}}.$$

Кроме выше перечисленных ограничений условия технологической осуществимости и теплотехнического расчета требовали выполнения ограничения по минимальной толщине среднего слоя. Выборочные результаты расчетов приведены в таблице.

Нагрузка q , кН/м ²	Ширина полки, см			Высота гофров, см			Min толщина среднего слоя H_0 , см	Стоимость материала пластины, \$
	a_1	a_2	a_3	h_1	h_2	h_3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta = 0,1$ см, $n = 15$ см								
2,5	3,09	3,27	3,07	3,97	1,91	1,44	2,43	109,3
3,0	3,06	3,55	3,86	3,83	1,92	1,18	3,62	117,5
4,0	3,34	4,32	4,32	3,8	1,64	0,84	5,52	130,2
$\delta = 0,1$ см, $n = 20$ см								
2,5	3,07	3,39	3,32	3,97	1,93	1,44	2,69	115,1
3,0	2,92	3,30	3,45	3,97	1,90	1,43	3,65	121,7
4,0	2,90	4,40	3,87	3,89	1,73	1,29	5,31	130,0

трехслойной пластины расчет упрощался путем замены гофрированного элемента пластины эквивалентным ему гладким. Нахождение параметров эквивалентного элемента пластины выполнялось посредством приравнивания изгибных жесткостей гофрированного и эквивалентного ему элемента

$$EI = EI^{экв}.$$

Для сжатых полок трапецидального гофра обшивок пластины вводились ограничения по местной устойчивости $\sigma \leq \sigma_{кр}$. Полки гофров рассматривались как удлиненные, шарнирно опертые, прямоугольные пластины на упругом основании, которым служит средний слой пластины, имеющий коэффициент постели [4]

$$k = E_3 / H_n,$$

где E_3 – модуль упругости заполнителя; H_n – толщина подкрепляющего слоя.

При расчете на местную устойчивость полок трапецидальных гофрированных обшивок критическая сила определялась по формуле [4]

$$P_{кр \min} = 2\sqrt{kD} \left(\sqrt{1 + \frac{\pi^4}{\gamma^4}} + \frac{\pi^2}{\gamma^2} \right), \quad (3)$$

где $\gamma = a \cdot \sqrt{\frac{k}{D}}$; $D = \frac{E_{np}}{12} \delta$; $E_{np} = \frac{\bar{E}}{1 - \bar{\mu}^2}$.

Здесь \bar{E} , $\bar{\mu}$ – модуль упругости и коэффициент Пуассона материала обшивки; D – цилиндрическая жесткость пластины. Подстав-

результаты оптимизации трехслойной пластины, при замене гофрированных элементов на эквивалентные им гладкие, позволяют снизить стоимость пластин на 15–18% и получить оптимальные параметры гофров и стоимости пластины при различных нагрузках.

Список литературы

1. Райзер В.Д., Должиков В.Н., Должикова Е.Н. Определение оптимальных параметров составных пластин методом нелинейного программирования // Строительная механика и расчет сооружений. – 1987. – № 1. – С. 21–23.
2. Должикова Е.Н. Оптимизация параметров ортотропных составных пластин: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МИСИ, 1986. – 162 с.
3. Хилл Р. Математическая теория пластичности. – М.: Гостехиздат, 1956. – 407 с.
4. Ермолов С.Б. Устойчивость пластинок на упругом основании и элементов гофрированных обшивок трехслойных панелей // Расчет конструкций с применением пластмасс: Тр. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – 1974. – С. 101–108.

С++ ДЛЯ ГЕОДЕЗИСТОВ И КАРТОГРАФОВ. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА «КОЛЛИМАЦИОННАЯ ПОГРЕШНОСТЬ» С УСЛОВНОЙ IF-ELSE ИНСТРУКЦИЕЙ

Заблоцкий В.Р.

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, e-mail: v-r-zablotskii@ya.ru

Обсуждается учебная программа на языке С++ для студентов, обучающихся программированию в вузе геодезического профиля. Нашей целью является создание набора типовых учебных геодезических задач [1, 2], которые могут использоваться студентами геодезистами и кар-