

УДК 629.735: 53.08: 658.51.4

П.О. НАУМЕНКО¹, Р.В. ВАРНАС²

¹Харьковское государственное авиационное производственное предприятие, Украина

²НПФ «Авиамотор», Харьков, Украина

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ КАРКАСОМ ШАБЛОНОВ СЛОЖНО-ФАСОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В результате компьютерного моделирования процесса контроля поверхности производимой детали с помощью каркаса шаблонов показано, что этот контроль требует высокой квалификации контролера и имеет погрешность выше директивной.

моделирование, технологические измерения, фасонная поверхность

Важность технологических измерений для технологии самолетостроения не вызывает сомнения. Реализация процесса контроля сложно-фасонных поверхностей в случае принадлежности их к теоретическому контуру самолета при применении плазово-шаблонного метода производства требует значительных трудозатрат по созданию и содержанию шаблонного хозяйства [1]. Поэтому разработка альтернативных методов технологического контроля позволит решить насущную проблему технологии самолетостроения по снижению трудозатрат на создание и сопровождение шаблонного хозяйства предприятия.

Исследования работ [2 – 6] доказали возможность проведения технологических измерений производимых форм непосредственно на производящем оборудовании с ЧПУ. Однако анализ точности измерений и контроля форм и размеров с помощью каркаса шаблонов не производился.

Целью данной работы является анализ процесса измерений при контроле поверхности каркасом шаблонов методом компьютерного моделирования.

Для проведения компьютерного моделирования выбран кронштейн 140.00.5611.010. Производство этого кронштейна осуществляют путем двухстороннего фрезерования с применением ложемента, т.е. форма и размеры этой детали (рис. 1) получают непосредственно на станке с ЧПУ.

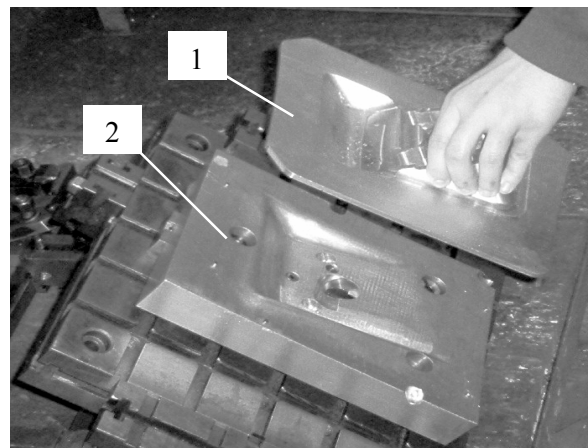


Рис. 1. Кронштейн (1) и ложемент (2)

Контроль форм и размеров кронштейна согласно технологическому процессу производится с помощью каркаса шаблонов, фото которого представлено на рис. 2.

В работе [2] изучена зависимость методической погрешности определения вертикальной координаты от локального угла наклона касательной плоскости для сферы. Шаблон контура сечения в вертикальном сечении имеет прямоугольную форму. Схема касания шаблона и контролируемой поверхности представлена на рис. 3.

Касание происходит в точке A ; b – толщина шаблона, n_A и τ_A – орты касательной плоскости к поверхности в точке A ; $Ш$ – сечение шаблона, K – контролируемая точка на касательной плоскости; α – угол между границей шаблона и касательной плоскостью. В случае точного совмещения центра

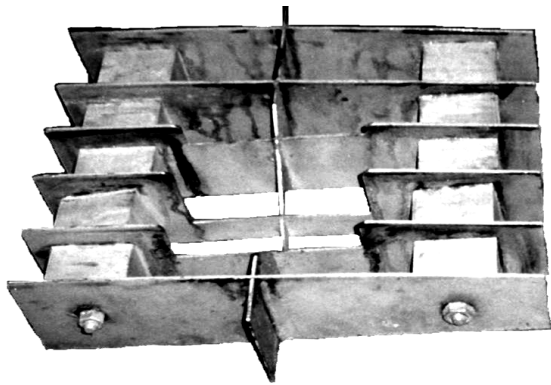


Рис. 2. Каркас шаблонов

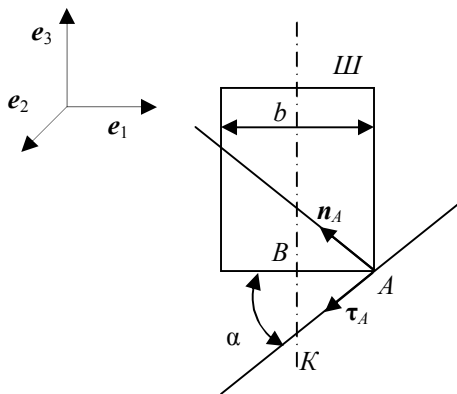


Рис. 3. Схема касания шаблона и контролируемой поверхности

шаблона с осью контролируемого сечения для зависимости погрешности от толщины шаблона будет справедливо следующее выражение:

$$\Delta(b) = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Однако совмещение осей шаблона и сечения происходит с погрешностью δ . В этом случае величина погрешности контроля увеличивается на

$$\Delta(b, \delta) = \left(\frac{b}{2} + \delta \right) \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Если погрешность установки вертикали шаблона и нормали к измеряемой поверхности – $\Delta\alpha$, то окончательно погрешность технологических измерений сечений с помощью каркаса шаблонов имеет вид

$$\Delta(b, \delta, \Delta\alpha) = \left(\frac{b}{2} + \delta \right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \Delta\alpha)$$

Шаблоны контура сечения обычно выполняют из листовой стали толщиной 1,5 мм [8], и, следовательно, $b = 1,5$. Погрешность изготовления шаблона δ_u , согласно работе [8] равна 0,3 мм., а погрешность

установки нормали и вертикальной оси шаблона $\Delta\alpha$ достигает 10 градусов. В этом случае погрешность контроля размеров поверхности согласно полученному выражению будет достигать 0,185 мм, что почти в два раза больше требуемой (0,1).

Метод исследования погрешности изготовленного каркаса шаблонов и процесса технологических измерений с помощью компьютерного моделирования требует наличия аналитических эталонов (анэтов) как каркаса шаблонов, так и контролируемой сложно-фасонной поверхности.

Введем понятие аналитического портрета детали. Если анэт детали представляет собой эталон, которому должна соответствовать деталь, то ее портрет представляет собой аналитическое описание реально получившихся форм и размеров детали при ее изготовлении. Размеры портрета детали должны отличаться от размеров ее анэта не более чем на величины заданных погрешностей.

Для получения портрета каркаса рабочих шаблонов было проведено сканирование каркаса шаблонов. Для этого каркас шаблонов был установлен на стол станка. С помощью щупа со сферической тактильной головкой, описанного в работе [6], и приставки «Сканер-2» были проведены измерения шаблонов, входящих в каркас рабочих шаблонов сечений. Измерения вертикальной координаты производили как на размыкание контактов щупа ($z-p$), так и на замыкание ($z-z$). Данные измерений сложно-фасонной поверхности кронштейна представлены в табл. 1, пластин шаблонов – в табл. 2. По результатам измерения был получен портрет каркаса шаблонов. Изображения портрета и анэта каркаса шаблонов приведены на рис. 4, 5.

Для компьютерного моделирования процесса измерений необходим анэт контролируемой поверхности. Этот анэт получен при разработке программы для обработки поверхности на станке с ЧПУ [7].

При компьютерном моделировании технологических измерений был исследован процесс совме-

Таблица 1
Реальные координаты кронштейна
в контролируемых точках

x	y	z-p	z-3
-115,59	-52,27	-94,22	-93,52
-105,74	-50,71	-94,79	-94,1
-95,88	-49,18	-95,54	-94,84
-86,02	-47,67	-96,14	-95,46
-76,16	-46,19	-96,80	-96,12
-66,29	-44,73	-97,55	-96,83
-56,41	-43,30	-98,43	-97,70
-54,61	-12,24	-72,73	-72,06
-64,49	-13,68	-71,81	-71,13
-74,36	-15,16	-71,15	-70,48
-84,22	-16,65	-70,49	-69,77
-94,08	-18,17	-69,84	-69,14
-103,93	-19,71	-69,09	-68,46
-113,78	-21,27	-68,41	-67,72
-111,90	9,51	-42,39	-41,69
-102,05	11,08	-43,14	-42,49
-92,20	12,63	-43,94	-43,27
-82,35	14,16	-44,53	-43,80
-72,49	15,66	-45,28	-44,61
-106,9	49,78	-8,37	-7,67
-97,05	51,35	-8,68	-8,02
-87,20	52,90	-9,47	-8,75
-77,35	54,44	-10,32	-9,65
-67,49	55,95	-11,02	-10,35
-57,63	57,44	-11,68	-10,98
-47,76	58,91	-12,34	-11,66
-37,89	60,36	-13,02	-12,37
-28,01	61,79	-13,64	-12,92
-18,12	63,20	-14,29	-13,59
-8,24	64,59	-14,89	-14,22
1,66	65,95	-15,42	-14,70
11,55	67,30	-15,92	-15,25
21,45	68,62	-16,41	-15,71
31,36	69,91	-16,78	-16,12
41,27	71,19	-17,20	-16,55
51,18	72,44	-17,72	-17,02
61,10	73,66	-17,88	-17,20
71,02	74,86	-18,28	-17,60
80,95	76,04	-18,52	-17,82
90,88	77,19	-18,81	-18,13
100,81	78,32	-19,01	-18,36
103,93	38,53	-52,77	-52,07
93,98	37,46	-52,67	-51,95
84,05	36,36	-52,48	-51,76
74,11	35,24	-52,30	-51,64
64,18	34,09	-51,98	-51,31
52,50	1,85	-77,48	-76,78
62,43	3,00	-77,69	-76,97
72,36	4,12	-77,76	-77,04
82,3	5,211	-78,00	-77,35
92,24	6,28	-78,15	-77,48
102,18	7,31	-78,22	-77,55
100,52	-24,15	-103,27	-102,58
90,57	-25,15	-103,32	-102,62
80,62	-26,18	-103,21	-102,56
70,68	-27,24	-103,08	-102,42
60,74	-28,32	-102,89	-102,20

Таблица 2
Реальные координаты шаблонов каркаса
в контролируемых точках

x	y	z
-115,59	-52,27	-93,10
-105,74	-50,71	-93,93
-95,89	-49,18	-94,64
-86,02	-47,67	-95,36
Нет измерений		
-66,29	-44,73	-96,77
-56,41	-43,30	-97,43
Нет измерений		
-64,488	-13,684	-72,112
-74,357	-15,155	-71,464
-84,22	-16,65	-70,749
-94,078	-18,168	-70,004
-103,93	-19,708	-69,141
-113,777	-21,27	-68,279
-111,899	9,513	-42,039
-102,053	11,082	-42,826
-92,203	12,63	-43,585
-82,347	14,157	-44,333
-72,486	15,662	-45,035
-106,899	49,776	-9,08
-97,054	51,349	-10,147
-67,5	17,5	0
-77,351	54,435	-11,528
-67,492	55,948	-12,057
-57,628	57,441	-12,695
-47,759	58,913	-13,379
-37,883	60,365	-14,023
-28,008	61,794	-14,549
-18,125	63,203	-15,065
-8,237	64,59	-15,538
1,655	65,954	-16,117
11,551	67,297	-16,67
52,5	10	0
31,358	69,913	-17,707
41,267	71,187	-18,109
51,181	72,437	-18,522
61,099	73,662	-18,876
71,021	74,863	-19,153
80,947	76,04	-19,514
90,877	77,191	-19,757
100,81	78,317	-20,134
103,926	38,528	-53,375
93,985	37,459	-53,182
84,047	36,362	-52,795
74,113	35,238	-52,562
64,184	34,087	-52,16
Нет измерений		
62,426	2,998	-77,905
72,36	4,118	-78,091
82,298	5,211	-78,315
92,24	6,275	-78,41
102,185	7,31	-78,535
100,52	-24,15	-103,335
90,571	-25,148	-103,114
80,624	-26,177	-103,005
70,682	-27,235	-103,112
60,743	-28,323	-102,672

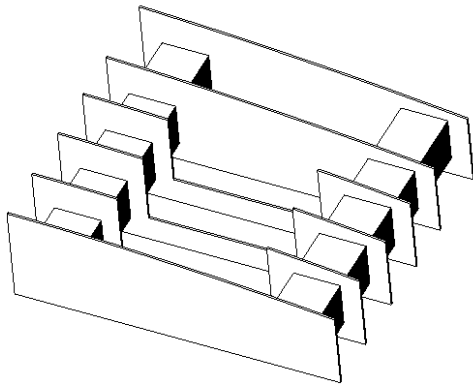


Рис. 4. Аналитический портрет каркаса шаблонов

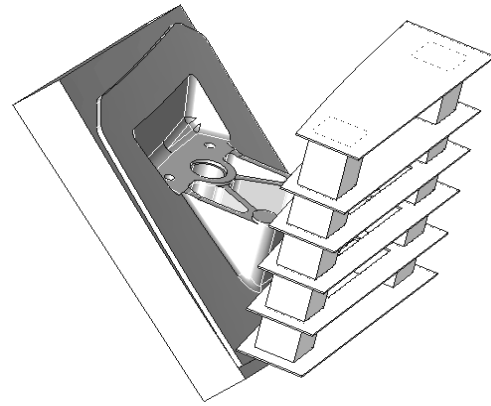


Рис. 6. Начало совмещения каркаса шаблонов и кронштейна на ложементе

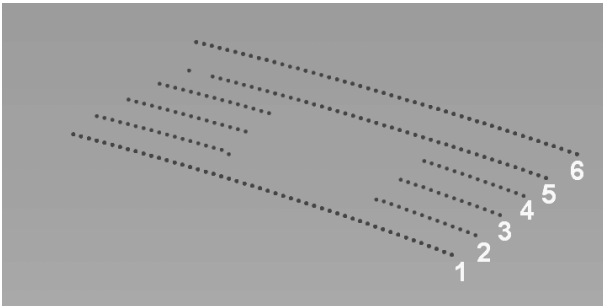


Рис. 5. Анэт контролируемых точек каркаса шаблонов

щения каркаса шаблонов и кронштейна, установленного на ложементе. Результаты начала и конца процесса совмещения приведены на рис. 6 – 7.

Для определения погрешности измерения с помощью каркаса шаблонов сложно-фасонной поверхности кронштейна, которая представляет собой часть теоретической поверхности обвода самолета, были построены контролируемые сечения этой поверхности и нормали к ним. На рис. 8 показаны в совмещенном состоянии каркас шаблонов, кронштейн, точки соприкосновения и нормали к этим точкам.

При компьютерном моделировании соприкосновения шаблонов каркаса и контролируемой поверхности проверялась правильность установки шаблонов в каркасе по нормали к проверяемому сечению (рис. 9) по совпадению плоскостей сечения и шаблона, по углу и линейному отклонению (рис. 10).

Несовпадение углов нормалей достигало 20 градусов, а углов сечений – 10 градусов. Линейные отклонения достигали 2 мм.

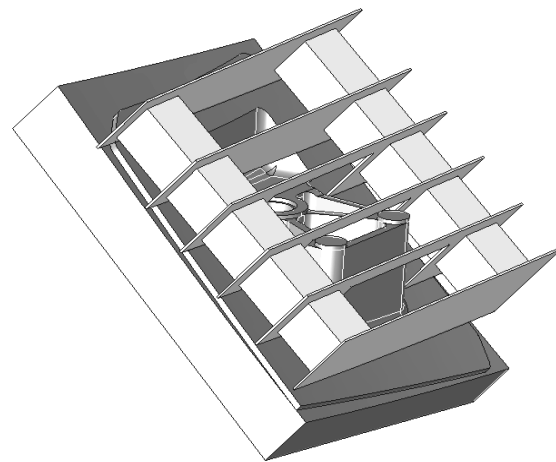


Рис. 7. Завершение совмещения каркаса шаблонов и кронштейна на ложементе

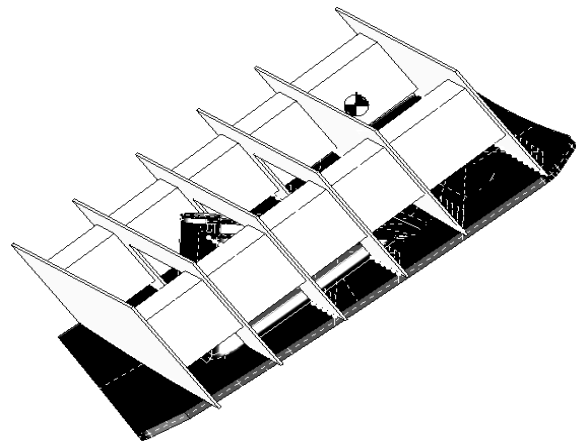


Рис. 8. Геометрия соприкосновения каркаса шаблонов и сложно-фасонной поверхности кронштейна

При такой точности воспроизведения каркасом шаблонов контролируемых точек проверить соответствие контролируемой детали директивной точности изготовления не представляется возможным.

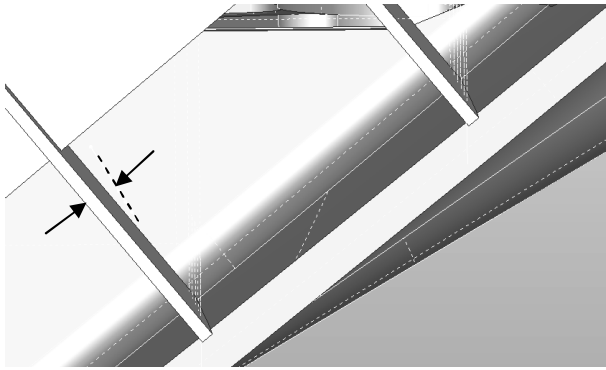


Рис. 9. Несовпадение нормали к контролируемой поверхности и вертикали плоскости шаблона

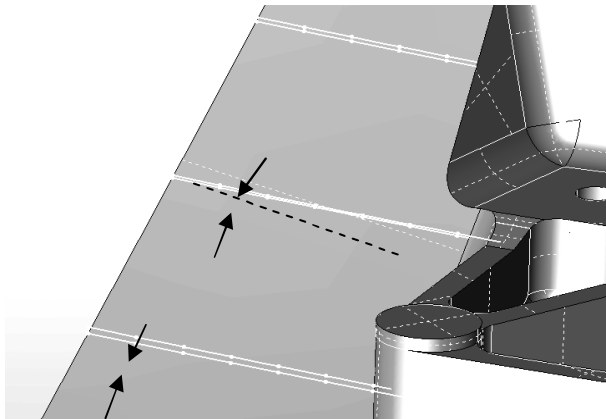


Рис. 10. Угловое и линейное отклонение от контролируемого сечения и плоскости шаблона

При компьютерном моделировании процесса технологического контроля с помощью каркаса шаблонов выявлено, что каркас шаблонов требует более высокой точности изготовления и проверки при сборке каркаса углов установки шаблонов.

Таким образом, можно констатировать, что контроль точности изготовления сложно-фасонных поверхностей, особенно принадлежащих поверхностям теоретического контура самолета, каркасом шаблонов не гарантирует директивной точности изготовления.

Литература

1. Мяслица А.К., Третьяков С.А. Шаблонное хозяйство авиационного предприятия // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 1999. – Вып. 15. – С. 31 – 36.
2. Мяслица А.К., Науменко П.О. Технология проведения измерений при проверке сложно-фасон-

ной оснастки // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2002. – Вып. 13. – С. 33 – 37.

3. Науменко П.О. Погрешность измерения вертикальной координаты при использовании фрезерного станка как координатно-измерительной машины // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2003. – Вып. 18. – С. 30 – 34.

4. Науменко П.О. Технологические измерения в самолетостроительном производстве и их метрологическое обеспечение // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2003. – Вып. 19. – С. 15 – 20.

5. Науменко П.О. Технологический контроль и технологическая подготовка авиационного производства // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2002. – Вып. 14. – С. 3 – 8.

6. Науменко П.О. Исследование стабильности технологических измерений приставкой "Сканер-2" на оборудовании с ЧПУ // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2004. – Вып. 22. – С. 5 – 10.

7. Науменко П.О., Варнас Р. В. Компьютерное моделирование технологических измерений // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – Вып. 23. – С. 5 – 10.

8. Изготовление, применение и изменение шаблонов: ПИ-19-04. Изд. 3. – Х.: ХАЗ, 1980. – 184 с.

9. Технология технического контроля в машиностроении / Под общ. ред. В.Н. Чупырина. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 400 с.

Поступила в редакцию 17.08.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Е. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.