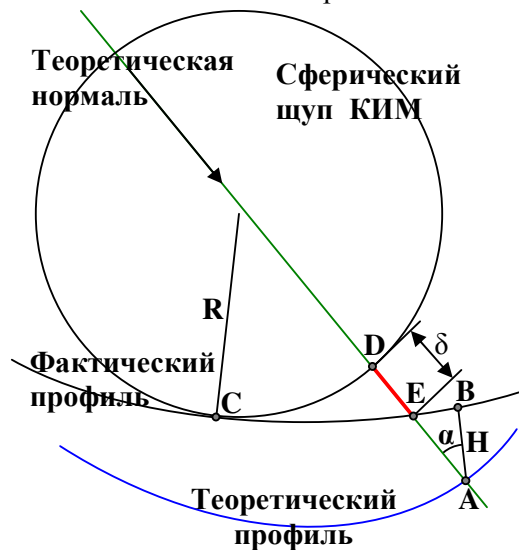


# Сравнение результатов контроля заготовки лопатки на системе «ОПТЭЛ-КЛ» и КИМ «SCIROCCO»

## 1 Теоретическая оценка погрешности измерений контактных координатно-измерительных машин (КИМ) при измерениях реальных лопаток.

При измерении пера лопатки на КИМ по математической модели через контрольную точку **A** строится нормаль к теоретической поверхности (Рисунок 1). Вдоль этой нормали движется контактный щуп (сфера определенного диаметра, например, 2 или 5 мм). Теоретическая нормаль пересекает поверхность пера лопатки в точке **E**. В момент касания щупом лопатки вычисляется якобы «измеренная» точка **D** на поверхности сферы, через которую проходит теоретическая нормаль.

А фактически, в общем случае, щуп касается совсем другой точки **C** на лопатке, а измеренная точка **D** не лежит на поверхности и не является точкой поверхности объекта.



**A** – контрольная теоретическая точка,  
**B** – фактическая точка поверхности ближайшая к контрольной точке **A** (по нормали),  
**H** – фактическое расстояние по нормали от контрольной теоретической точки **A** и фактической точки **B** на поверхности,  
**E** – точка поверхности на теоретической нормали (по математической модели) к контрольной точке,  
**C** – фактическая точка касания щупа к поверхности,  
**D** – точка, «измеренная» КИМ - не совпадает с поверхностью,  
**R** – радиус сферы контактного щупа КИМ,  
 $\alpha$  – угол между фактической и теоретической нормалью,  
 $\delta$  – методическая ошибка.

Рисунок 1 – Измерение параметров пера лопатки с использованием контактной КИМ

Из Рисунков 1 и 2 видно, что при измерении пера лопатки на КИМ с помощью контактного щупа возникают два вида ошибок:

1. Ошибка определения точки касания - по вертикальной координате (Y).
2. Ошибка определения расстояния от контрольной точки до поверхности из-за несовпадения теоретической и фактической нормалей - по горизонтальной координате (X).

Ошибка определения точки поверхности (расстояние между точками **D** и **E**) составляет:

$$\delta = R / \cos(\alpha) - R = R * \{ 1 / \cos(\alpha) - 1 \}$$

Ошибка измерения расстояния до поверхности от контрольной точки составляет:

$$S = |AD| - |AB| = \delta + H \{ 1 / \cos(\alpha) - 1 \} = (R + H) * \{ 1 / \cos(\alpha) - 1 \}$$

Эти ошибки невелики при хорошем совпадении геометрии профиля детали с математической моделью, а также при отсутствии разворота и смещения детали (отклонениях положения). Однако, при наличии хотя бы одного из этих факторов ошибки приобретают существенный и значительный вес. А на практике имеет место наличие всех указанных факторов.

**Рассмотрим численный пример.** Предположим, что отклонения геометрии детали от ее математической модели составляют, примерно, 0,5 мм, разность теоретической и фактической нормалей до 11°, радиус щупа 2 мм. В этом случае, ошибка измерения расстояния до поверхности от контрольной точки составит

$$S = (R + H) * (1 / \cos(\alpha) - 1) = (2 + 0.5) * (1 / \cos 11^\circ - 1) = 0.048 \text{ мм}$$

## 2. Экспериментальное определение факт погрешности измерений контактных координатно-измерительных машин (КИМ) при измерениях реальных лопаток.

Для экспериментального практического сравнения результатов измерений КИМ и системы «ОПТЭЛ-КЛ» воспользуемся результатами контроля геометрических параметров заготовки лопатки, полученными на КИМ «SCIROCCO» и системе «ОПТЭЛ-КЛ».

Измерения заготовки лопатки с рамкой проводилось с базированием от технологических баз.

При измерении на системе «ОПТЭЛ-КЛ» заготовку лопатки клали на плиту. Базы определялись от плиты, от поверхности заготовки и через точку перелома прислоненной призмы. Профиль пера спинки и корыто заготовки лопатки измерялись за одно измерение, поочередно.

Сравнение результатов контроля проводилось с использованием программы графического просмотра «ОПТЭЛ-VIEW2D», входящей в комплект СПО «ОПТЭЛ-3D», поставляемого с системой «ОПТЭЛ-КЛ».

При сравнении результатов прикосновение щупа КИМ моделировалось средствами программы графического просмотра с помощью окружности (на рисунках далее окружность зеленого цвета), диаметр которой равен диаметру щупа КИМ (в рассматриваемом случае 2 мм). Изображение профилограммы лопатки увеличивалось средствами программы «ОПТЭЛ-VIEW2D».

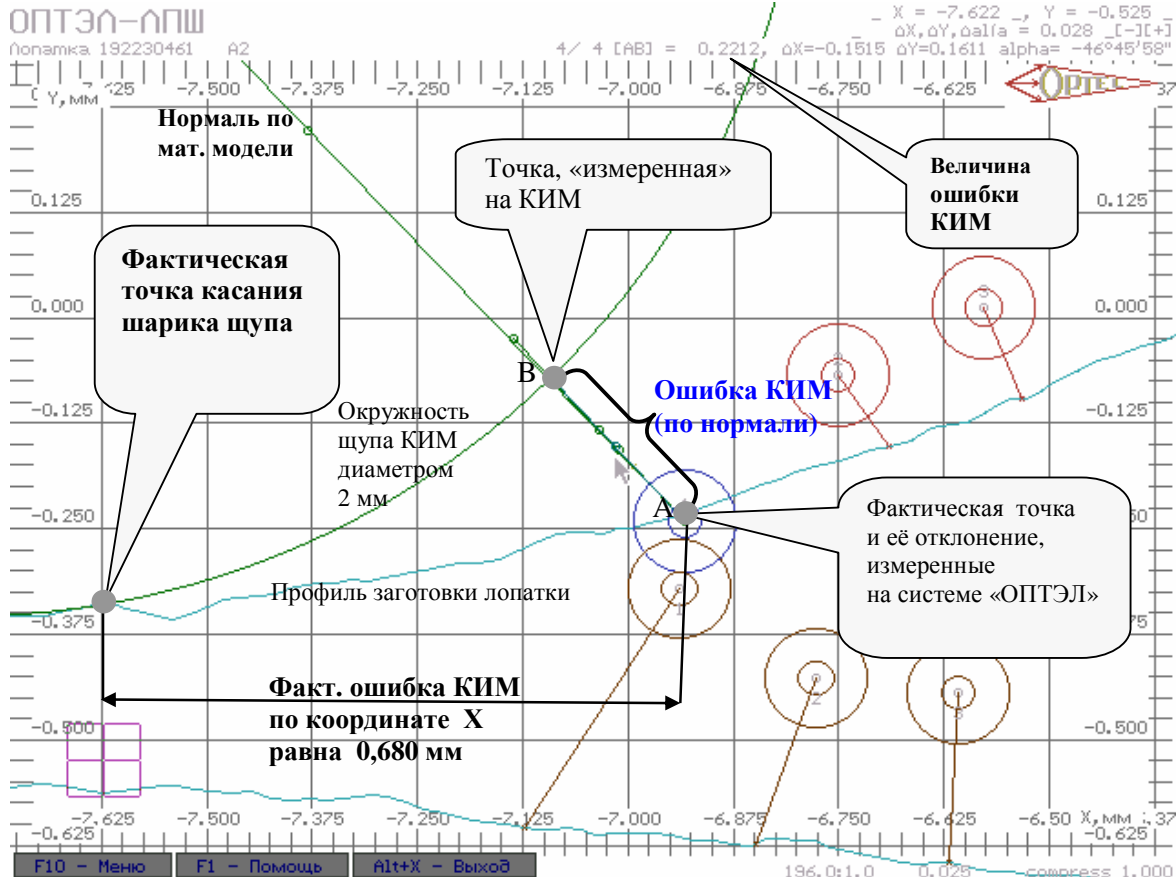


Рисунок 2 – Расчет фактической величины ошибки при контроле на КИМ профиля в контрольной точке 1 спинки сечения A2-A2 заготовки лопатки (при увеличенном масштабе в 1 : 196 раз).

В отличие от КИМ, на лазерной измерительной системе «ОПТЭЛ» отсутствуют вышеуказанные погрешности контактной КИМ, так как:

- а) диаметр луча менее 0,02...0,03 мм;
- б) используются другие, более правильные, метод измерений и методика расчета отклонений - нормаль строится к фактической поверхности измеряемого изделия, то есть считаются отклонения между фактической и теоретической поверхностями (величина  $H$ ).

Поэтому, несмотря на то, что КИМ имеет погрешность измерения линейных размеров стандартных изделий типа концевых мер, несколько меньше чем у системы «ОПТЭЛ» (0,002...0,005 мм у КИМ и 0,004...0,008 мм у системы «ОПТЭЛ»), однако реальная погрешность измерений на системе ОПТЭЛ реально существующих лопаток оказывается несколько раз меньше чем, у контактных КИМ!

Экспериментальное сравнение результатов контроля заготовки лопатки на системе «ОПТЭЛ-КЛ» и КИМ «SCIROCCO» показало, что реальная погрешность измерений на контактных КИМ в несколько раз (на порядок и более!) больше заявленной в паспорте, вследствие появления 2-х видов ошибок, вызванных контактным методом измерения и применяемой методикой расчета отклонений.

Экспериментально определено, (см. Рисунок 2 длина отрезка АВ), следовательно величина ошибки КИМ для заготовки лопатки равна 0.221 мм!

Если промоделировать и рассмотреть место прикосновения щупа КИМ к лопатке в различных точках, то получим:

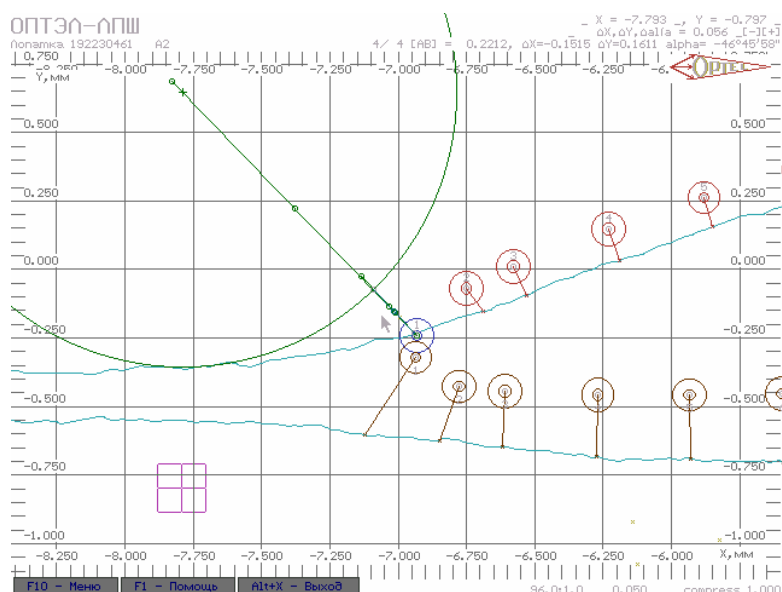


Рисунок 3 – Моделирование прикосновения щупа КИМ к поверхности измеренной заготовки лопатки в точке 1 сечения A2-A2 (при увеличенном масштабе в 1 : 96 раз).

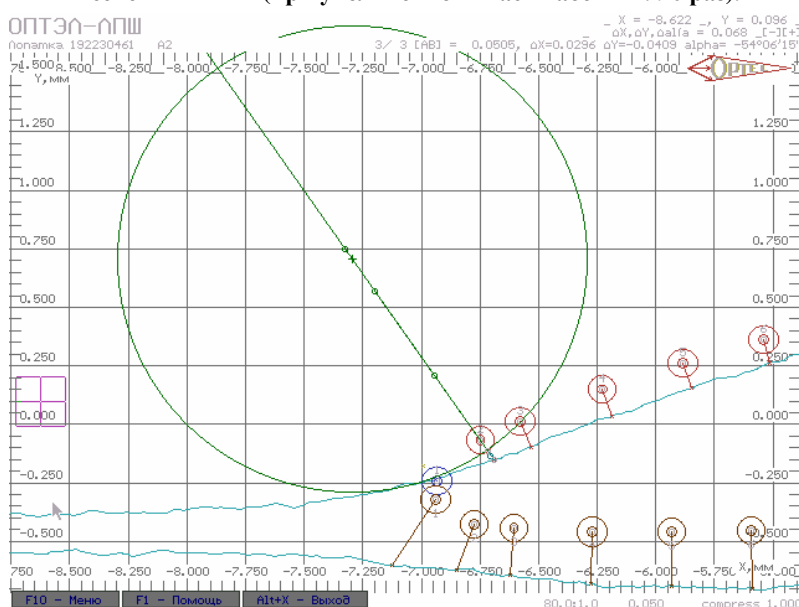
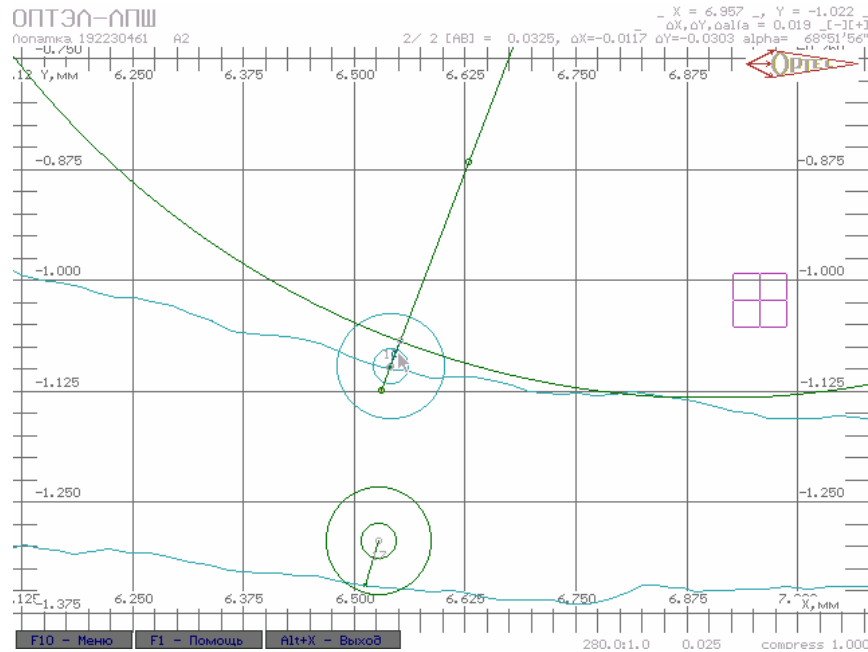


Рисунок 4 – Моделирование прикосновения щупа КИМ к поверхности измеренной заготовки лопатки в 2 точке сечения A2-A2 (при увеличенном масштабе в 1 : 80 раз).



**Рисунок 5 – Моделирование прикосновения щупа КИМ к поверхности измеренной заготовки лопатки в точке 17 сечения A2-A2 (при увеличенном масштабе в 1 : 280 раз).**

Используя математические возможности программы графического просмотра, можно определить фактическое значение ошибки. Для этого необходимо определить расстояние между точками **A**, значение которой получено при измерении на системе «ОПТЭЛ» и точкой **B**, значение которой используется КИМ при выдаче результатов измерений.

В качестве примера рассчитаем величину ошибки в точке 1 сечения A2-A2 заготовки лопатки (Рисунок 2).

**Как видно из Рисунков 2 и 4 длина отрезка АВ, следовательно и величина ошибки КИМ по нормали в точке 1 сечения A2-A2, равна 0.2212 мм.**

Значения контрольной точки 1 в различных сечениях, полученные системой «ОПТЭЛ-КЛ», согласно краткому текстовому протоколу:

	A2	A3	A4	A5	A6
ОТКЛОНЕНИЯ ТОЧЕК ПРОФИЛЯ ПЕРА ПО НОРМАЛИ					
№	СПИНКА				
1	0.009	0.068*	0.137*	0.190*	0.370*

Значения контрольной точки 1 в различных сечениях, полученные на КИМ «SCIROCCO», согласно соответствующему текстовому протоколу:

СПИНКА	A2-A2	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6
1)	0.2306	0.2512	0.3150	0.4711	-

Как видно из приведенных фрагментов протоколов, полученное значение ошибки (0.2212 мм) соответствует разнице измерений в контрольной точке 1 спинки сечения A2-A2:

$$0.2306 - 0.009 = 0.2216 \text{ мм,}$$

Аналогично можно определить, что для точки **2 сечения A2-A2** значение ошибки равно **0.0505 мм** при разности значений по протоколам 0.0489 мм, для точки **17 сечения A2-A2** значение ошибки – **0.0325 мм**, при разности значений по протоколам **0,0324 мм**.

Примечание – в приложении приведены протоколы, предоставляемые по результатам измерений системой «ОПТЭЛ-КЛ» и протокол КИМ «SCIROCCO».

Допуск на профиль заготовки лопатки (+0,06; -0,02 мм). При таком допуске на КИМ можно контролировать только часть точек. Это объясняется тем, что погрешность измерительного прибора не должна превышать одну треть допуска.

Так как часть точек профиля пера заготовки лопатки измерены на КИМ со значительными дополнительными ошибками, то они исключены из протокола.

В протоколе КИМ оставлены отклонения профиля пера следующих точек:

СПИНКА	A2-A2	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6
1)	-	-	-	-	-
2)	-	-	-	-	-
3)	-0.1166	-0.0577	-	0.0322	-
4)	-0.1235	-0.0591	-0.0152	0.0166	-
5)	-0.1151	-0.0557	-0.0108	0.0133	-
6)	-0.1036	-0.0479	-0.0098	0.0124	-
7)	-0.0889	-0.0416	-0.0113	0.0143	-
8)	-0.0745	-0.0363	-0.0104	0.0102	-
9)	-0.0542	-0.0295	-0.0165	-0.0060	-
10)	-0.0456	-0.0315	-0.0243	-0.0213	-
11)	-0.0479	-0.0488	-0.0462	-0.0436	-
12)	-0.0599	-0.0676	-0.0716	-0.0743	-
13)	-0.0726	-0.0832	-0.0957	-0.1055	-
14)	-0.0889	-0.0983	-0.1174	-	-
15)	-0.0873	-0.0960	-0.1248	-	-
16)	-0.0607	-0.0690	-0.0943	-	-
17)	-	-	-	-	-

КОРЫТО	A2-A2	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6
1)	-	-	-	-	-
2)	-	-	-	-	-
3)	-	0.2180	0.1892	-	-
4)	0.2274	0.2236	0.1964	0.1283	-
5)	0.2361	0.2314	0.2063	0.1386	-
6)	0.2426	0.2384	0.2119	0.1465	-
7)	0.2437	0.2423	0.2188	0.1607	-
8)	0.2392	0.2451	0.2230	0.1733	-
9)	0.2331	0.2407	0.2315	0.1961	-
10)	0.2252	0.2397	0.2356	0.2151	-
11)	0.2175	0.2370	0.2395	0.2288	-
12)	0.2118	0.2345	0.2415	-	-
13)	0.2043	0.2278	0.2386	-	-
14)	0.1952	0.2134	0.2276	-	-
15)	0.1739	0.1865	-	-	-
16)	0.1529	0.1595	-	-	-
17)	-	-	-	-	-

Как видно из протокола, значительное количество точек невозможно измерить на КИМ из-за вышеописанных дополнительных ошибок.

Т.е. реальная погрешность измерений на контактных КИМ в несколько раз (на порядок и более!) больше заявленной в паспорте, вследствие появления 2-х видов ошибок, вызванных контактным методом измерения и применяемой методикой расчета отклонений.

#### Примечание.

Выделенное **прочерком \*-\*** значительное количество точек в протоколе измерены на КИМ со значительными дополнительными ошибками. Эти ошибки превышают величину допуска и поэтому они исключены как являющиеся недостоверными.

**Особо следует обратить внимание на то, что точки сечения А6-А6 на КИМ невозможно измерить, так как контактный щуп КИМ имеет диаметр 2 мм и щуп задевает края заготовки!**

## 2 Выводы и рекомендации

1 Погрешность измерения реальных лопаток на контактных КИМ многократно выше паспортной погрешности КИМ.

а) Погрешность измерения лопатки на КИМ сильно зависит от кривизны профиля, диаметра щупа и величины отклонения формы детали от теоретической математической модели. Поэтому, погрешность измерения будет малыми только при малых отклонениях не только формы, но и положения детали, от математической модели.

И реальная погрешность измерений на контактных КИМ в несколько раз (на порядок и более!) больше заявленной в паспорте, вследствие появления 2-х видов ошибок, вызванных контактным методом измерения и применяемой методикой расчета отклонений. И это при использовании щупа минимально возможного диаметра.

2 К вышеуказанным погрешностям на КИМ добавляются еще **погрешности измерений баз** (реперов), которые вызываются ограничением физических возможностей оператора КИМ и **достигают до 0,1...0,15 мм** (см. Вермель В.Д. и др., Геометрическое обеспечение оценки точности изготовления изделий сложной формы по материалам измерений на программируемых КИМах, [www.gemma.ru](http://www.gemma.ru)).

3 На КИМ целесообразно измерять крупногабаритные корпусные детали, коробки передач...

А измерять малогабаритные лопатки на КИМ, это примерно то же, что «Стрелять из пушки по воробьям» (большие реальные погрешности, дорого, долго и нужны спец. условия).

4 Для правильной оценки погрешности системы «ОПТЭЛ» методом сравнительных измерений с КИМ нужно:

- б) использовать лопатку с шероховатостью в пределах паспортных значений;
- в) использовать щуп минимального диаметра;

г) на КИМ измерять лопатку не обычной программой, а брать 3 координаты точки поверхности лопатки, используя 3d алгоритмы, т.е. предварительно по участку поверхности касанием в нескольких точках определяется нормаль к участку поверхности, затем брать искомую точку. Набор измеренных точек выводить в протокол. То же самое надо повторить на другой КИМ, выполняя измерение другим оператором. При совпадении полученных данных с точностью не менее чем в 5 раз лучшей, чем у исследуемого прибора, сравнительные измерения можно будет считать легитимными.

д) составить программу измерения лопатки для исследуемого прибора по измеренным на КИМ точкам и произвести измерение той же лопатки с переустановкой 5...10 раз.

е) по соответствующим методикам вычислить систематическую и случайную составляющую погрешности, а также полную погрешность измерений системы при измерении лопатки данного типа.

## **2. О специализированном программном обеспечении (СПО) «ОПТЭЛ-3D» версии 8.**

СПО "ОРТЕЛ-3D" создавалось в течение более 20 лет, специально для отечественных пользователей и производства, а также с учетом пожеланий пользователей из различных предприятий. В настоящее время закончена разработка и начаты поставки систем «ОПТЭЛ», оснащенных 9 версией СПО!

СПО "ОРТЕЛ-3D" функционирует при совместном использовании его модулей в одном компьютере промышленного исполнения и позволяет:

- проводить автоматический контроль геометрических параметров лопаток с использованием ОЭГ и поворотного стола;
- проводить автоматизированный контроль геометрических параметров и малых радиусов входных и выходных кромок лопаток с помощью ОЭДК и поворотного стола;
- проводить автоматизированный контроль геометрических параметров объёмных деталей таких как: пресс-формы, электроды и др., используя ОЭДК;
- проводить автоматизированный контроль геометрических параметров координатных и радиусных шаблонов, конусных и диаметральных калибров, контура лопаток и др., используя ОЭДК;
- составлять программы контроля геометрии изделий на каждый типоразмер;
- максимально просто переходить с одного типоразмера на другой;
- регистрировать, отображать и хранить результаты контроля в базе данных, фиксируя при этом шифр и номер изделия, партию, данные оператора, дату проведения контроля и другие реквизиты.

Результаты контроля отображаются в наглядной форме на дисплее в виде текстовых протоколов и графического отображения измеренного профиля, а также выводятся на печатающее

устройство, входящее в комплект поставки системы «ОПТЭЛ», в нужном для пользователя виде (протоколы контроля, профилограммы, таблицы и т.д.).

**Объем исходных текстов СПО «ОРТЕЛ-3D» версии 8 составляет 195569 строк программного кода.**

**Исходные тексты СПО занимают на диске 30 Мбайт, что эквивалентно, около 7680 листам текста!**

### **3 Преимущества систем «ОПТЭЛ» по сравнению с КИМ**

1. Реальная погрешность измерений реально существующих лопаток на системе «ОПТЭЛ» оказывается в несколько раз меньше, чем у контактных КИМ.

2. Следует также отметить, что обычное программное обеспечение (ПО) КИМ для лопаток, в отличие от ПО системы ОПТЭЛ, готовит достаточно специфичные и неудобные протоколы. Они содержат только рисунок сечения пера и указующие стрелки с указанием значения отклонения. При этом довольно сложно определить не только контрольные точки (так как там не указаны координаты), но даже сечение, поскольку никаких надписей больше нет. Удобных числовых протоколов обычно нет, получить фактические координаты точек очень сложно. Это затрудняет работу пользователям, производящим лопатки.

Графические и текстовые протоколы новых систем «ОПТЭЛ» содержат развернутую наглядную информацию в сравнении с математической моделью и в любых востребованных отечественными производителями видах.

Пользователю системы «ОПТЭЛ» выдаются 6 видов наглядных и удобных текстовых протоколов на русском языке, а также отображаются на мониторе более десятка видов графических протоколов с выдачей на бумаге цветных копий.

Системы «ОПТЭЛ», в отличие от КИМ, имеют ПО и документацию, выполненные на русском языке и позволяют контролировать геометрические размеры не только профиля пера, но и таких очень важных параметров профиля пера:

- а)  $C1, C2, S_{max}$  (при этом дополнительно вычисляются координаты центра  $S_{max}$ );
- б) длина и угол хорды;
- в) параметры  $b1$  и  $b2$ ;
- г) радиусы входных и выходных кромок (при этом дополнительно вычисляются координаты центров кромок);
- д) развитые возможности расчета отклонений фактического профиля пера от мат. модели в режиме оптимизации (припасовки - best fitting);
  - смещений по осям координат  $X$  и  $Y$ ;
  - угол разворота;
- е) радиусов входных и выходных кромок, приведенные в соответствии с существующим шаблонным контролем, при этом дополнительно вычисляются координаты центров кромок и большое количество других параметров.

3. Следует особо отметить, что комплексные измерения геометрии крупногабаритных лопаток вместе с автоматическими расчетами отклонений по 350 – 900 точкам математической модели, а также параметров  $C1, C2, S_{max}$ , длины и угла хорды,  $b1$  и  $b2$ , смещения по осям координат  $X$  и  $Y$ , углов разворота и многих других занимают всего лишь от 0,5 до 3 минут.

Для сравнения - на измерения только пера лопатки на КИМ затрачивается от 10 до 120 минут.

Для сравнения - на ручные измерения только параметров сечений лопатки  $C1, C2, S_{max}$ , в БТК затрачивается до 20 минут.

4. Помимо этого, только на системах ОПТЭЛ может проводиться неразрушающий контроль профиля и радиусов входных и выходных кромок лопаток. Радиусы входных и выходных кромок у современных лопатках составляют от  $0,07 \pm 0,03$  мм.

### **5. Бесконтактные измерительные системы «ОПТЭЛ», приведены в статьях:**

5.1. Галиулин Р. М. и др., - Компьютерные лазерные оптоэлектронные системы измерений геометрии изделий сложной формы "ОПТЭЛ", журнал "Авиационная техника", N 1, 1997 г.

5.2. Хабибуллин М.Г., Фирсов А.Г., Проблемы технологии изготовления малоразмерных сложнопрофильных лопаток компрессора ГТД нового поколения, журнал "Авиационная техника", N4, 1998 г.

5.3. R.M. Galiulin and others, "Optoelectronic computer-aided systems for inspection of GTE complex objects", in 7-th International Symposium on Laser Metrology applied to Science, Industry and Everyday Life, Proceedings of SPIE Vol. 4900, Bellingham, USA, 2002

5.4. Galiulin R.M., "Optoelectronic computer-aided measuring "OPTEL" systems", in 7-th International Symposium on Laser Metrology applied to Science, Industry and Everyday Life, Proc. of SPIE (Vol. 4900), pp. 486-496, Bellingham, USA, 2002

5.5. Галиулин Р.М., «Оптоэлектронные системы для размерного контроля изделий сложной формы», журнал "Автометрия", Изд-во СО РАН, N 5, том 40, 2004, с. 26-37.

6. Нач. ОМА ОАО «КМПО» Фирсов А.Г. утверждал, что новые электрохимические станки, разработанные и изготовленные на ОАО «КМПО», обеспечивают воспроизводимость в партии геометрии малоразмерных сложнопрофильных лопаток компрессора ГТД нового поколения всего лишь в 0,002 - 0,003 мм.

И это было доказано измерениями на системах «ОПТЭЛ»!

7. Следует отметить, что на ОАО «КМПО» успешно эксплуатируются 8 систем «ОПТЭЛ» начиная с 1994 г., т.е. уже более 17 лет!

С системами «ОПТЭЛ» можно ознакомиться на сайте <http://www.nvp-optel.ru>

Руководитель ООО НВП "ОПТЭЛ",  
к.т.н., доцент, докторант УГАТУ, Засл. изобретатель

Галиулин Р.М.



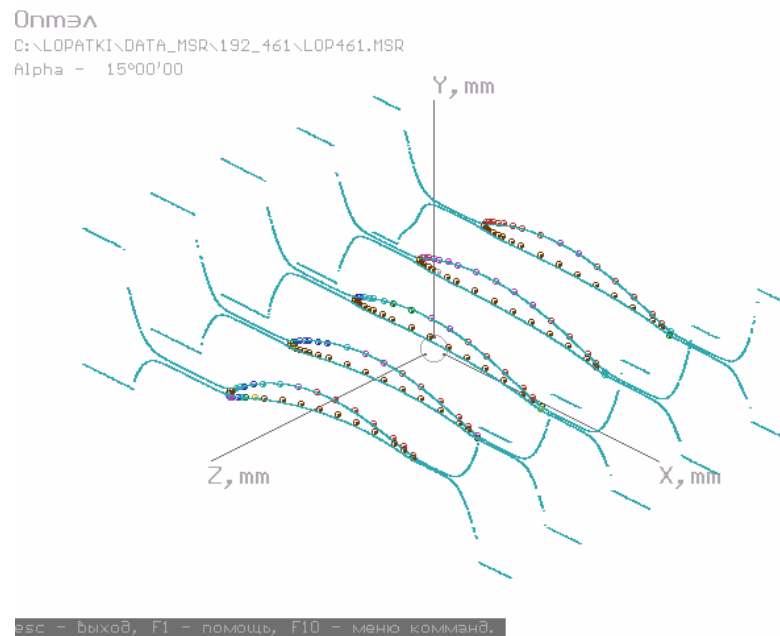
## Приложение

### Протоколы измерений на системе «ОПТЭЛ-КЛ» и КИМ SCIROCCO заготовки лопатки

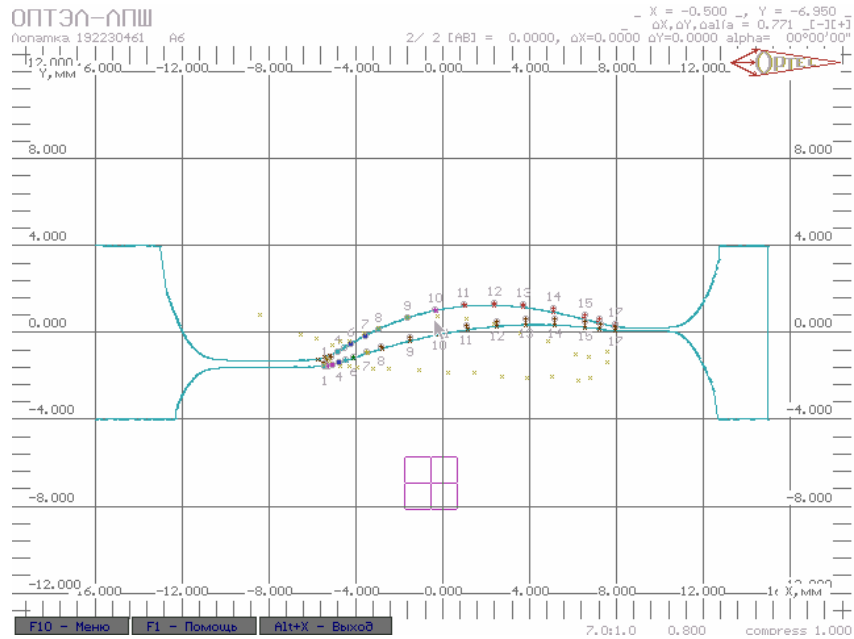
Внешний вид заготовки лопатки



#### 1.Трехмерный протокол результатов контроля заготовки лопатки с рамкой на системе «ОПТЭЛ-КЛ»



#### 2.Профиль пера - графический двухмерный протокол результатов контроля сечения заготовки лопатки с рамкой на системе «ОПТЭЛ-КЛ»



### 3. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ (краткий)

(С) ЛАЗЕРНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ИЗДЕЛИЙ  
Версия 8.0, 08.07.2008, ООО НВП "О П Т Э Л", г. УФА

Система : ОПТЭЛ-КЛ №2      Предприятие :  
Чертежный № детали: Лопатка , инд. №: 8  
Партия :                      Дата : 25 декабрь 2008 чт      Время :15:25  
Имя файла измерения : 00000008

Средние отклонения размеров от чертежных по всему изделию:  
арифмет-е: 0.074мм    квадрат-е: 0.137мм    абсол-е: 0.129мм

Всего точек: 169. В поле допуска: 32(18.93%) Вне допуска: 137(81.07%)

ФАКТИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТ НОМИНАЛА ПО ПРОФИЛЯМ СЕЧЕНИЙ:

	A2	A3	A4	A5	A6
ОТКЛОНЕНИЯ ТОЧЕК ПРОФИЛЯ ПЕРА ПО НОРМАЛИ					
№	СПИНКА				
1	0.009	0.068*	0.137*	0.190*	0.370*
2	-0.105*	-0.030*	0.013	0.057	0.170*
3	-0.118*	-0.047*	0.012	0.030	0.110*
4	-0.120*	-0.061*	-0.007	0.024	0.039
5	-0.112*	-0.051*	0.002	0.013	0.038
6	-0.102*	-0.043*	0.000	0.013	0.014
7	-0.089*	-0.033*	0.000	0.011	0.015
8	-0.067*	-0.022*	-0.008	0.013	0.003
9	-0.067*	-0.030*	-0.011	-0.005	-0.000
10	-0.049*	-0.033*	-0.024*	-0.030*	-0.032*
11	-0.055*	-0.052*	-0.051*	-0.057*	-0.065*
12	-0.075*	-0.055*	-0.065*	-0.080*	-0.098*
13	-0.079*	-0.091*	-0.116*	-0.109*	-0.132*
14	-0.098*	-0.110*	-0.132*	-0.150*	-0.152*
15	-0.079*	-0.097*	-0.132*	-0.152*	-0.184*
16	-0.065*	-0.077*	-0.093*	-0.144*	-0.181*
17	-0.003	0.006	-0.018	-0.058*	-0.132*

Сред. отк-я: арифм-е: -0.037мм    квадрат-е: 0.084мм    абсол-е: 0.069мм

№	КОРЫТО				
1	0.337*	0.318*	0.271*	0.159*	-0.004

2	0.208*	0.213*	0.174*	0.097*	-	0.035*
3	0.203*	0.211*	0.182*	0.102*	-0.023*	
4	0.226*	0.214*	0.202*	0.138*	0.021	
5	0.233*	0.229*	0.211*	0.132*	0.034	
6	0.249*	-	0.206*	0.136*	0.050	
7	0.245*	0.239*	0.227*	0.161*	0.084*	
8	0.241*	0.240*	0.222*	0.175*	0.106*	
9	0.237*	0.237*	0.228*	0.193*	0.153*	
10	0.223*	0.238*	0.247*	0.215*	0.199*	
11	0.214*	0.241*	0.235*	0.227*	0.222*	
12	0.212*	0.222*	0.233*	0.222*	0.261*	
13	0.201*	0.225*	0.231*	0.230*	0.273*	
14	0.187*	0.202*	0.234*	0.212*	0.263*	
15	0.168*	0.178*	0.188*	0.199*	0.271*	
16	0.144*	0.159*	0.175*	0.186*	0.255*	
17	0.053	0.042	0.083*	0.107*	0.168*	

Сред. отк-я: арифм-е: 0.187мм квадрат-е: 0.073мм абсол-е: 0.189мм

- означает отсутствие измерений в точке

\* - означает выход за допуск

Контролер : \_\_\_\_\_ Нач. БТК: \_\_\_\_\_

## 4.Протокол измерения на КИМ «SCIROCCO» .

О А О К М П О						
Измерительный Центр Цех № 6 результаты контроля на КИМ S C I R O C C O с/н (1 0 9 1 0)						
Протокол измерения						
Изделие	: НК	Обозначение	: 192.230.461			
Наименование	: Л. СКВД	Операция	: 333			
Номер комплекта	: 229					
Контролер	: КИС	Дата	: 10. .	Время	: : 1:35	
параметры	Р А З М Е Р			Д О П У С К		ВНЕ
контр.	Действ.			Верх.откл.		ДОПУСКА
элемента	Номинал.	Откл.	Ниж.откл.			

## Вывод отклонений профилей

Отклонение по нормали (+ полное )

СПИНКА	A2-A2	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6
1)	0.2306	0.2512	0.3150	0.4711	-
2)	-0.0561	-0.0014	0.0554	0.1546	-
3)	-0.1166	-0.0577	-0.0055	0.0322	-
4)	-0.1235	-0.0591	-0.0152	0.0166	-
5)	-0.1151	-0.0557	-0.0108	0.0133	-
6)	-0.1036	-0.0479	-0.0098	0.0124	-
7)	-0.0889	-0.0416	-0.0113	0.0143	-
8)	-0.0745	-0.0363	-0.0104	0.0102	-
9)	-0.0542	-0.0295	-0.0165	-0.0060	-
10)	-0.0456	-0.0315	-0.0243	-0.0213	-
11)	-0.0479	-0.0488	-0.0462	-0.0436	-
12)	-0.0599	-0.0676	-0.0716	-0.0743	-
13)	-0.0726	-0.0832	-0.0957	-0.1055	-
14)	-0.0889	-0.0983	-0.1174	-0.1333	-
15)	-0.0873	-0.0960	-0.1248	-0.1410	-
16)	-0.0607	-0.0690	-0.0943	-0.1204	-
17)	0.0294	0.0398	0.0172	-0.0317	-

КОРЫТО	A2-A2	A3-A3	A4-A4	A5-A5	A6-A6
1)	0.4756	0.4423	0.3402	0.1963	-
2)	0.2413	0.2355	0.1957	0.1075	-
3)	0.2204	0.2180	0.1892	0.1170	-
4)	0.2274	0.2236	0.1964	0.1283	-
5)	0.2361	0.2314	0.2063	0.1386	-
6)	0.2426	0.2384	0.2119	0.1465	-
7)	0.2437	0.2423	0.2188	0.1607	-
8)	0.2392	0.2451	0.2230	0.1733	-
9)	0.2331	0.2407	0.2315	0.1961	-
10)	0.2252	0.2397	0.2356	0.2151	-
11)	0.2175	0.2370	0.2395	0.2288	-
12)	0.2118	0.2345	0.2415	0.2357	-
13)	0.2043	0.2278	0.2386	0.2405	-
14)	0.1952	0.2134	0.2276	0.2368	-
15)	0.1739	0.1865	0.2040	0.2224	-
16)	0.1529	0.1595	0.1840	0.2077	-
17)	0.0725	0.0729	0.1015	0.1346	-

Измерение провел контролер : .....  
 ( гриф ) (подпись) (дата) |

**Примечания.**

1. Выделенное **шрифтом** значительное количество точек в протоколе измерены на КИМ со значительными дополнительными ошибками. Эти ошибки превышают допустимую величину и поэтому они являются недостоверными!

2. Особо следует обратить внимание на то, что точки сечения А6-А6 на КИМ невозможно измерить, так как контактный щуп КИМ имеет диаметр 2 мм и щуп задевает края заготовки!