

621.7.08

Повышение эффективности управления технологическим процессом точной штамповки при изготовлении лопаток компрессора газотурбинных двигателей

Болховитин М.С.*, Королёв Н.Н., Монахова В.П.*****

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

**e-mail: brakoner@list.ru*

***e-mail: korolev.n.n@yandex.ru*

**** e-mail: monakhova.v.p@mail.ru*

Аннотация

Рассматриваются вопросы, связанные с улучшением технологического процесса изготовления лопаток компрессора газотурбинных двигателей (ГТД).

Авторами была разработана методика по совершенствованию технологического процесса горячей штамповки заготовок лопаток ГТД. На ее основании были внедрены организационные и технологические мероприятия позволяющие снизить трудоемкость изготовления. Предложенный процесс может быть использован как для совершенствования технологии изготовления лопаток старого образца, так и для обеспечения эффективности изготовления лопаток новых типоразмеров.

Ключевые слова: штамповая оснастка, штамповка, заготовка лопатки компрессора высокого давления (КВД), блок-схема, управление качеством.

Введение.

Авиационная промышленность, одна из наиболее значимых для России отраслей промышленности, как отрасль высоких, наукоемких технологий, в настоящее время находится в кризисном состоянии.

В сложных экономических условиях недостаточного финансирования, нехватки кадрового и материально-технического обеспечения конкурентоспособность предприятий отрасли зависит от строгого, критического анализа существующего финансово-экономического состояния предприятия, от грамотных управленческих решений, от умения выстроить систему скоординированных, взаимосвязанных, взаимоучитывающих процессов предприятия.

Наиболее эффективным средством для решения проблемы выступают методы всеобщего управления качеством на предприятии (TQM).

Стратегической целью управления качеством на предприятии является формирование комплексной системы, пронизывающей всю структуру предприятия, охватывающей все элементы его деятельности и направленной не только на обеспечение выпуска продукции соответствующего качества, но и обеспечение качества функционирования любых процессов в организации: организационных, административных, производственных, обмена информацией и т.д.

При разработке и внедрении такой комплексной системы необходимо добиться вовлеченности всех сотрудников предприятия в выполнение поставленных

целей на ориентацию обеспечения высокого качества выпускаемой продукции и сохранения доверия потребителей.

Человеческий фактор является одним из главных факторов, позволяющих решить проблему качества: заинтересованность каждого работника в сознательном бездефектном выполнении своей работы, коллективный подход к решению технических и проектных задач, совмещение корпоративных и личных интересов работников – принципы всеобщего управления качеством.

Изменить функцию качества выпускаемой продукции, решить задачи определения соответствия возможностей технологических процессов предъявляемым к ним требованиям, поддержания их стабильности, корректировки, оптимизации и совершенствования существующих на предприятии систем технологических процессов могут только высококвалифицированные технические специалисты, обладающие также знаниями в области теории управления, принципов структурного анализа и синтеза предметов и процессов, основных методов и инструментов управления качеством.

Для создания современных двигателей и обеспечения их серийного выпуска первоочередным делом становится разработка модели формирования стратегии повышения эффективности производства на основе новых технических решений и улучшения процессов при создании продукции.

Особое внимание стоит уделить крупносерийным элементам двигателя. Наиболее массовыми деталями газотурбинного двигателя являются рабочие лопатки компрессора. При этом в технологическом процессе производства лопаток

компрессора наряду с современными автоматизированными операциями, основанными на высокопроизводительной обработке материалов, существуют мелкие, промежуточные, архаичные, неавтоматизированные операции, в том числе выполняемые вручную [1].

Данная работа посвящена улучшению технологического процесса изготовления лопаток компрессора ГТД.

Анализ технологического процесса изготовления лопаток компрессора ГТД.

В связи с тем, что рассматриваемый технологический процесс достаточно сложен и состоит из многих элементов, были проанализированы факторы, влияющие на него с помощью графического метода анализа, изображение процесса в виде блок-схемы. Применение этого инструмента анализа, помогает выделить конкретные элементы и этапы производства, которые следует пересмотреть и модернизировать.

Нами был выбран элемент - технология, как самый быстро развивающийся параметр, и изменения в нем могут быстро сказаться на качестве выпускаемой продукции.

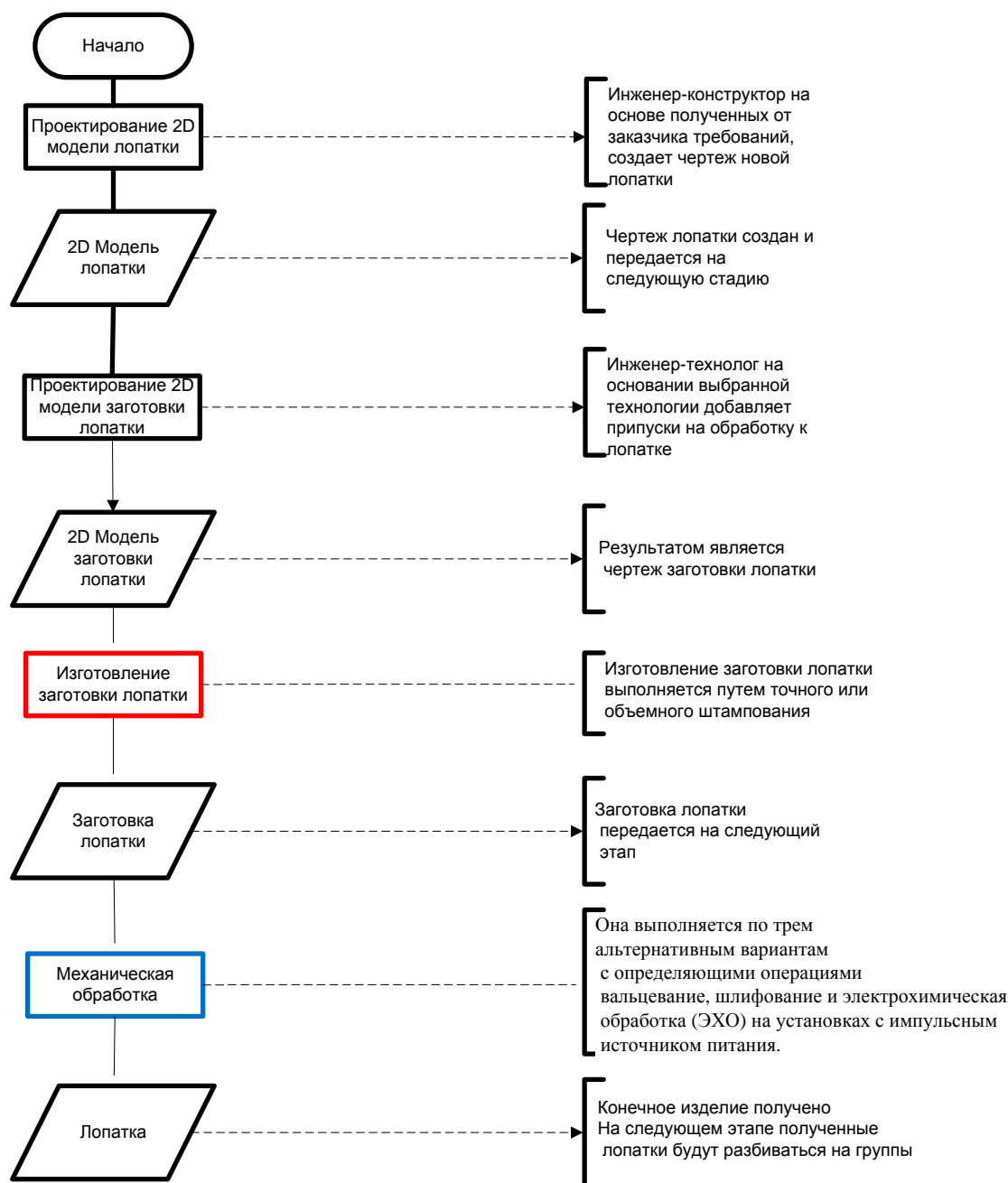


Рис. 1. Блок-схема основных этапов проектирования и производства лопатки компрессора ГТД

Сам технологический процесс изготовления лопаток компрессора в общем виде состоит из двух основных этапов: получение заготовки и механическая обработка. Наиболее массовым, как по числу наименований, так и по объемам производства, являются лопатки компрессора с одним хвостовиком и с длинной

пера до 120 мм. В качестве заготовки для таких лопаток используется точная штамповка с припуском по перу 0,2...0,6 мм.

По оценкам специалистов [2], более 70% от технологической себестоимости занимает изготовление заготовки. В связи с этим оптимизация данного процесса позволит существенно снизить себестоимость изготовления ГТД и повысить эффективность производства.

Современный уровень кузнечно-штамповочного производства, новые технологические процессы объемного деформирования (штамповка на гидравлических прессах, изотермическая и высокоскоростная штамповка, холодное вальцевание) позволяют получать заготовки лопаток с припусками по перу, исключая грубые обдирочные и черновые операции механической обработки. Можно изготавливать заготовки с припусками под финишные операции механической обработки (шлифование, полирование) и без припуска; при этом припуски на хвостовике лопаток также уменьшаются.

Заготовки лопаток, изготавливаемых без припуска на размерную механическую обработку (холодным вальцеванием, изотермической штамповкой), выполняются с точностью по перу, регламентируемой чертежом готовой детали.

Схема получения такой точной заготовки представлена на рис. 2, этот процесс можно условно разделить на следующие основные этапы:

- проектирование 2D-модели лопатки;
- проектирование 2D-модели штампа и электрода;

- изготовление штампа (основные этапы изготовления штампа подробно описаны в [3]);
- контроль геометрии штампа с помощью шаблонов и измерительного оборудования;
- слесарная доработка штампа в случае несоответствия его геометрии установленным требованиям;
- изготовление лопатки методом высокоскоростной точной штамповки;
- контроль геометрии лопатки с использованием ПОМКЛ.

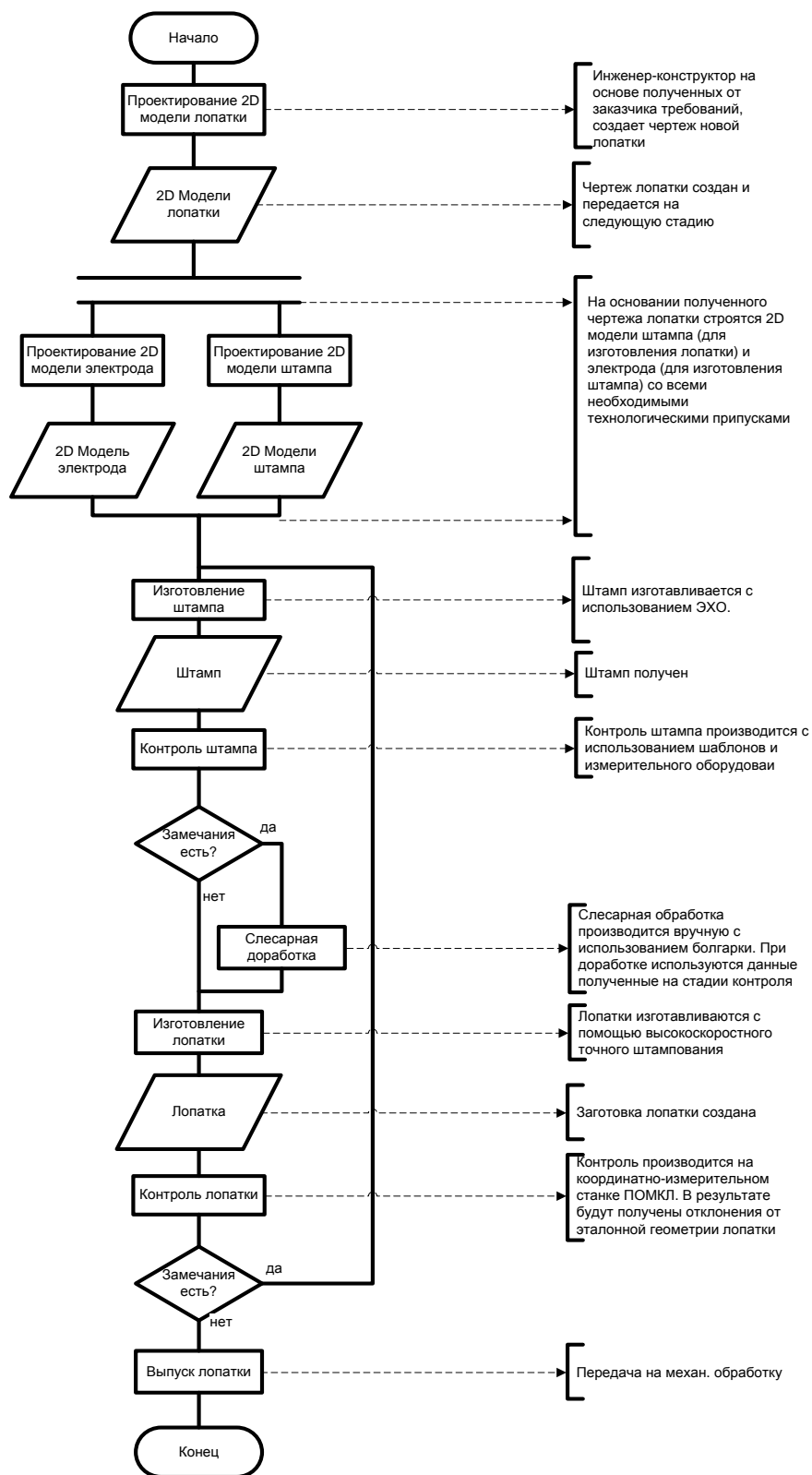


Рис. 2. Схема получения точной заготовки

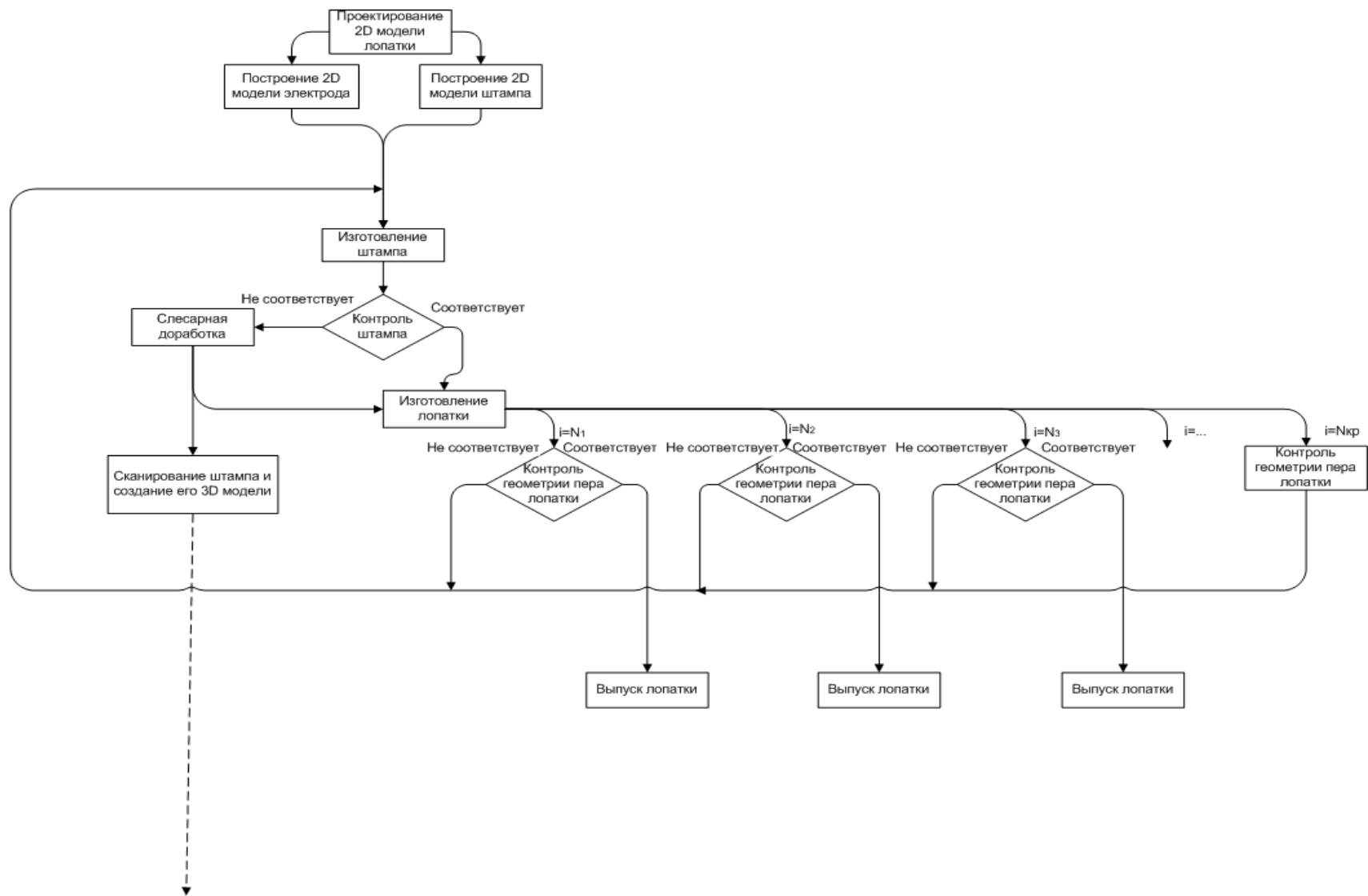


Рис.3. Предлагаемая схема изготовления точной заготовки

**Этап сканирования штампа и создание его 3D модели для
получения комплекта улучшенных 2D чертежей.**

Процесс сканирования выполняется после слесарной доработки штампа и получения на нем годных заготовок лопаток КВД. В качестве сканирующего оборудования применялась координатно-измерительная машина DEA GLOBAL Silver Classic.



Рис.4. Сканирование нижней полуматрицы

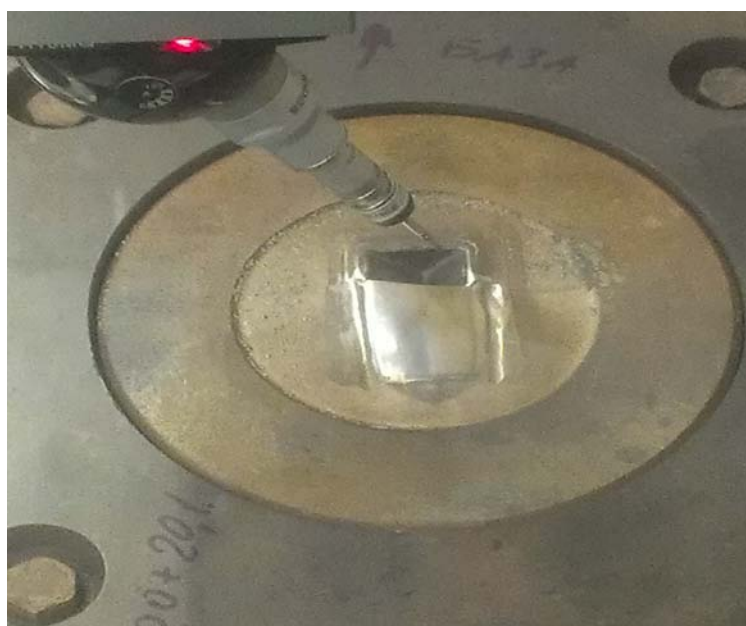


Рис.5. Сканирование верхней полуматрицы

Результатом сканирования являются точки профиля семи сечений верхней и нижней полуматрицы совмещенных в одной системе координат по базовым плоскостям.

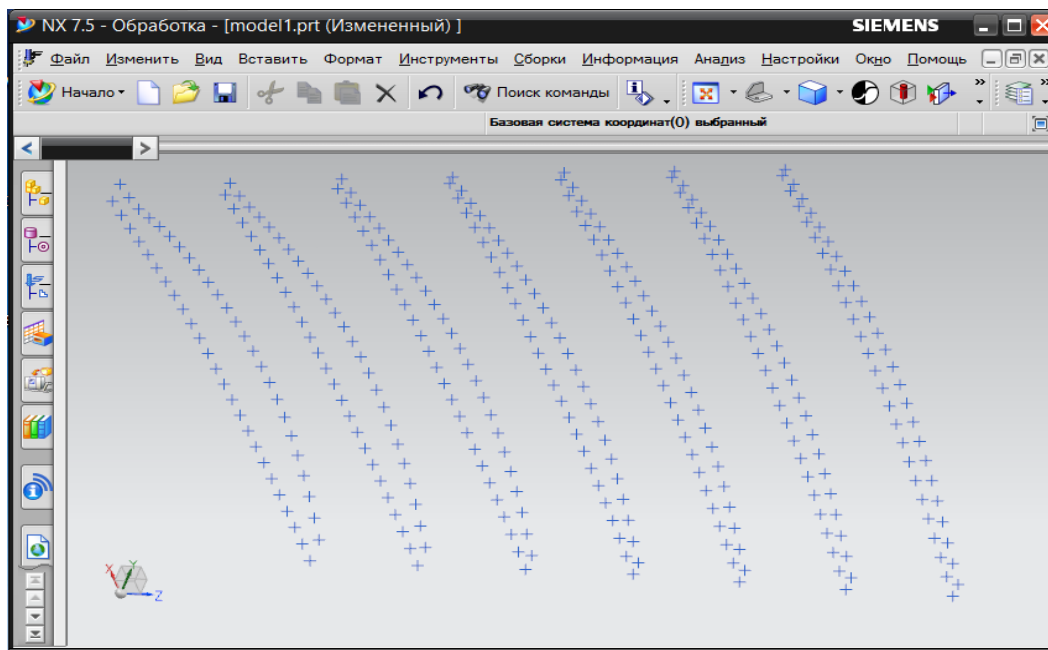


Рис.6. Точки профиля сечений верхней и нижней полуматрицы

По данным точкам в программе Unigraphics NX 7.5 были построены сплайны.

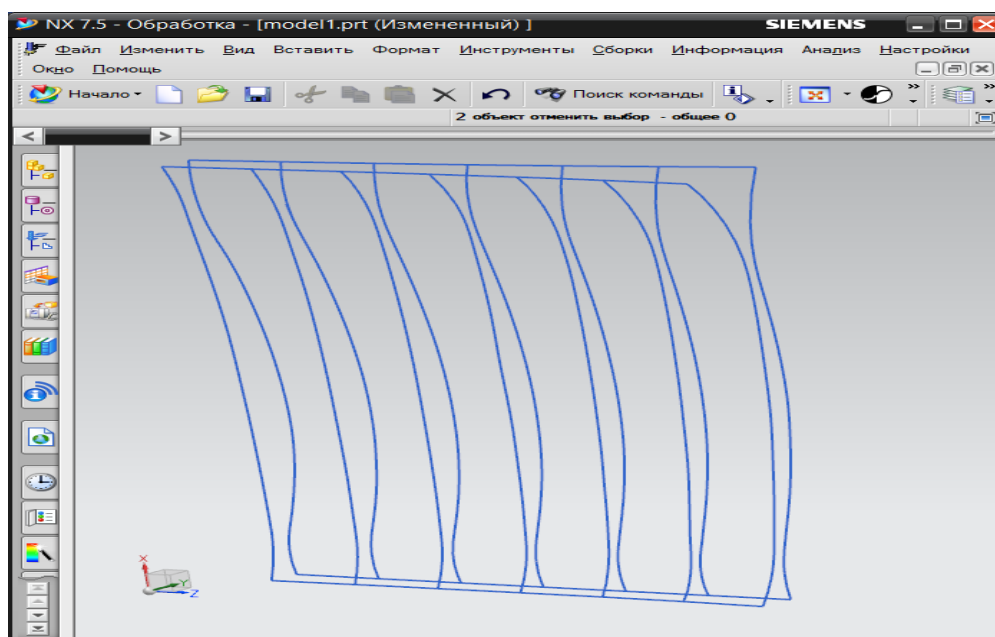


Рис.7. Сплайны по точкам профиля сечений верхней и нижней полуматрицы

Гравюры верхней и нижней полуматрицы, а также электрод для электро-химической обработки, были построены на полученных сплайнах. Геометрия замка, в свою очередь, была взята из рабочих чертежей.

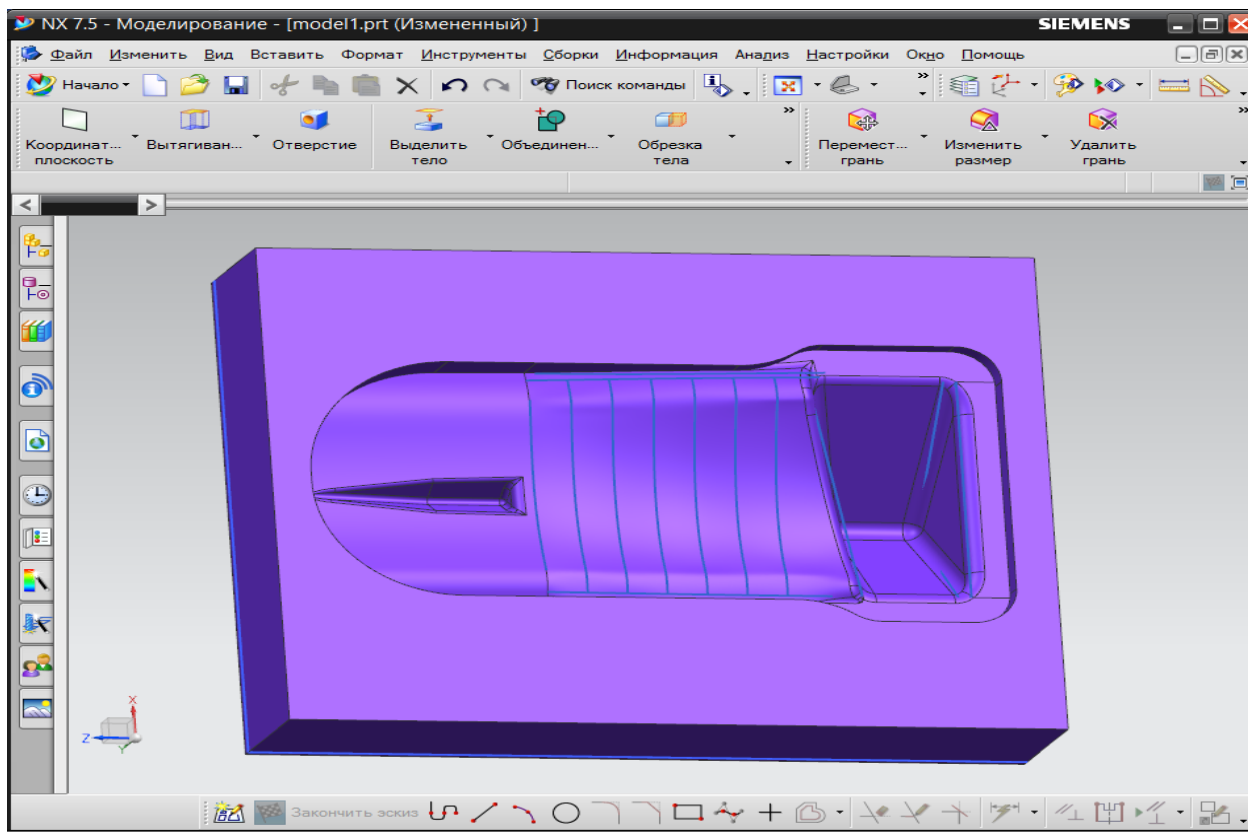


Рис.8. Построенная модель нижней полуматрицы

Программный комплекс Unigraphics NX 7.5 позволяет на основании полученных 3D моделей изготовить новый комплект чертежей с уже доработанной гравюрой пера.

Штамп в указанных схемах используется для изготовления N лопаток (значение N варьируется от 900 до 1000 заготовок), после чего изготавливают новый штамп.

Авторами предлагается введение в схему дополнительного этапа доработки штампа (рис.5), на ступени $i=N_{кр}$, когда штамп для изготовления заготовки лопатки еще годен, и есть возможность привести его в

первоначальное состояние, обновить. Внедрение данного мероприятия позволит значительно снизить себестоимость изготовления штамповой оснастки за счет увеличения ее срока службы и, в результате, уменьшения объема производства новой штамповой оснастки.

Определить степень $i=N_{кр}$ необходимой доработки штамповой оснастки можно с использованием статистических методов контроля и управления качеством, – контрольных карт – хорошо зарекомендовавшего себя, наглядного графического инструмента, позволяющим отслеживать стабильность технологических процессов.

Выводы.

В результате проведенного анализа с использованием современных методов управления качеством была доработана технология изготовления штамповой оснастки для производства компрессорных лопаток ГТД:

- 1) Исключена операция механической доработки штампа, что позволило уменьшить трудоемкость и снизить себестоимость
- 2) Введен этап обновления геометрии штампа.

Библиографический список

1. Крымов В.В. Производство лопаток газотурбинных двигателей. - М.: Машиностроение, 2002. - 376с.

2. Сулима А.М., Носков А.А., Серебренников Г.З. Основы технологии производства газотурбинных двигателей. - М.: Машиностроение, 1996, - 480 с.
3. Полетаев В.А. Технология автоматизированного производства лопаток газотурбинного двигателя. - М.: Машиностроение, 2006. - 130 с.
4. Болховитин М.С., Ионов А.В. Повышение качества изготовления штамповой оснастки для лопаток компрессоров ГТД // Журнал «Труды МАИ», 2013, № 71: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=46719> (дата публикации 26.12.2013).