

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САМОЛЕТОВ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

А.Г. Коробейников<sup>1,2</sup>, д-р техн. наук, профессор

В.Л. Ткалич<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор

О.И. Пирожникова<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (СПбФ ИЗМИРАН)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО  
(Россия, г. Санкт-Петербург)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-7-1-208-212

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-5323.2022.4*

**Аннотация.** В работе рассмотрены проблемы модернизации производственных процессов создания разнообразных видов трубопроводов для различных систем современных самолетов. На основе анализа сегодняшнего положения дел в авиастроении выработаны предложения по повышению рентабельности и уменьшению длительности производственного цикла элементной базы самолетов. Предложены пути обеспечения качества внутреннего покрытия трубопроводов с целью повышения их надежности.

**Ключевые слова:** модернизация производственных процессов, современные самолеты, обеспечение качества внутреннего покрытия трубопроводов.

Современные тенденции в отечественном авиастроении требуют модернизации гражданской транспортной авиации России [1, 2]. Эти требования необходимо осуществлять согласно качественно новому уровню производственных процессов создания элементной базы гражданской авиации. Актуальность такого перехода обусловлена увеличением пассажиро- и грузоперевозок, моральным и физическим износом, устаревшего парка гражданских воздушных судов, а также внешними политическими и экономическими факторами при санкционных воздействиях на нашу страну [2].

В нашей стране развернут широкий фронт работ по проектированию современных транспортных воздушных судов, отвечающих требованиям импортозамещения и конкурентоспособности на мировом рынке [3].

Для обеспечения этих требований необходимо добиваться повышения рентабельности создаваемой элементной базы самолетов и сокращения сроков ее производ-

ственного процесса при условии обеспечения требуемых показателей надежности.

Существенную долю в себестоимости гражданских самолетов составляют расходы на приобретение импортных покупных изделий и различных устройств. В этой работе рассмотрены вопросы повышения рентабельности производственного процесса создания отечественных трубопроводов для авиационных систем.

Механосварочные цеха авиационных заводов нашей страны осуществляют изготовление различных видов элементной трубопроводной базы для самолетных систем, в частности, патрубков, тройников и труб с различной стереометрией (изменяющимся сечением и пространственной ориентацией).

Для изготовления деталей сложного профиля, изменяющегося сечения, переменной стереометрии и меняющегося положения в пространстве необходимо использование специальных технических средств (оснащения), которые способны обеспечить крепление элементной базы

трубопроводов для проведения операций по стыковке и сварке [4, 5]. Номенклатурный ряд таких оснащений в нашей стране представлен (составляет) около пяти тысяч наименований.

На практике оказывается, что использование специального оснащения не всегда является кратчайшим и экономически выгодным путём, так как элементы, исполненные с использованием оснастки, часто требуют доработки. При этом приходится делать эталон и осуществить его примерку в самолете, что в свою очередь требует изготовления оснастки для эталона. Данный процесс затратен и по времени, и по деньгам. Если учесть, что использование данного эталона будет неприемлемо для других серийных машин, то новый эталон и оснастка к нему потребует еще дополнительных вложений. Понятно, что такой путь не ведет к повышению рентабельности и сокращению цикла изготовления элементной базы.

#### **Модернизация процесса производства элементной базы трубопроводов**

Последовательность процесса изготовления элементной базы может быть представлена следующим этапом: анализ конструкторской документации и технических условий (возможно принятие решения о создании эталона); разработка технологического процесса и технического задания на специальную оснастку; проектирование оснастки и монтаж по эталону; операции подгонки стыков, прихватки деталей и сварка на постаменте, передача готового трубопровода на сборку [4]. К недостаткам такого процесса производства можно отнести:

- большую номенклатуру требуемого оснащения;
- высокую трудоемкость;
- быстрое моральное и физическое устаревание оснастки, что влияет на показатели надежности;
- невозможность осуществления сварки в автоматизированных комплексах;
- потребность в большом количестве складских помещений для оснастки и эталонов.

Процесс модернизации потребует отказа от эталонов и перехода к универсальной

оснастке, сокращения подготовительного цикла, снижения затрат на оснастку, уменьшение складских помещений, повышения производительности труда [6].

Представляется целесообразным использование быстро переналаживаемой оснастки, которая представляет собой набор взаимозаменяемых универсальных узлов, для осуществления процессов сварки трубопроводов. Для соединения деталей и узлов используются элементы разъемных соединений (болты, шпильки и винты). Всего потребуется семь видов основных типовых элементов: основания; основание кронштейнов; подвижные части кронштейна; пластины; направляющие; фиксаторы и призмы.

Использование универсальной оснастки сократит цикл изготовления, понизит материалоемкость, сократит время производства, уменьшит число складских помещений, упростит логистику.

При создании САПР элементной базы, необходимо разработать виртуальную модели сборочной единицы, которая, будучи включенной в САПР, может подвергаться коррекции в интерактивном или автоматическом режиме. САПР дает возможность промоделировать последовательность процесса сборки и настройки подвижных частей универсальной оснастки и самих элементов трубопроводов [7]. Сгенерированный технологический процесс на производство трубопроводов поступает в слесарный и сварочный цех в интерактивном виде. После подгонки стыков, сварки и контроля осуществляется передача в сборочный цех. Вся эта модернизация позволяет использовать технологии, которые базируются на создании повторно применяемых элементов.

Основное внимание стоит уделить параметрически настраиваемым стандартизированным элементам (базовым элементам проектирования).

При разработке подсистем технологического процесса производства трубопроводов самолетной техники необходимо создать информационную основу в виде совокупности конструкторско-технологической, нормативно-справочной и директивной информации. Средой про-

ектирования САПР может быть Siemens NX, а для реализации алгоритмов расчета подходит система MATLAB, позволяющая решать задачи для различных предметных

областей [7, 8]. На рисунке представлена блок-схема модуля программы проектирования и построения универсальной оснастки трубопроводов.

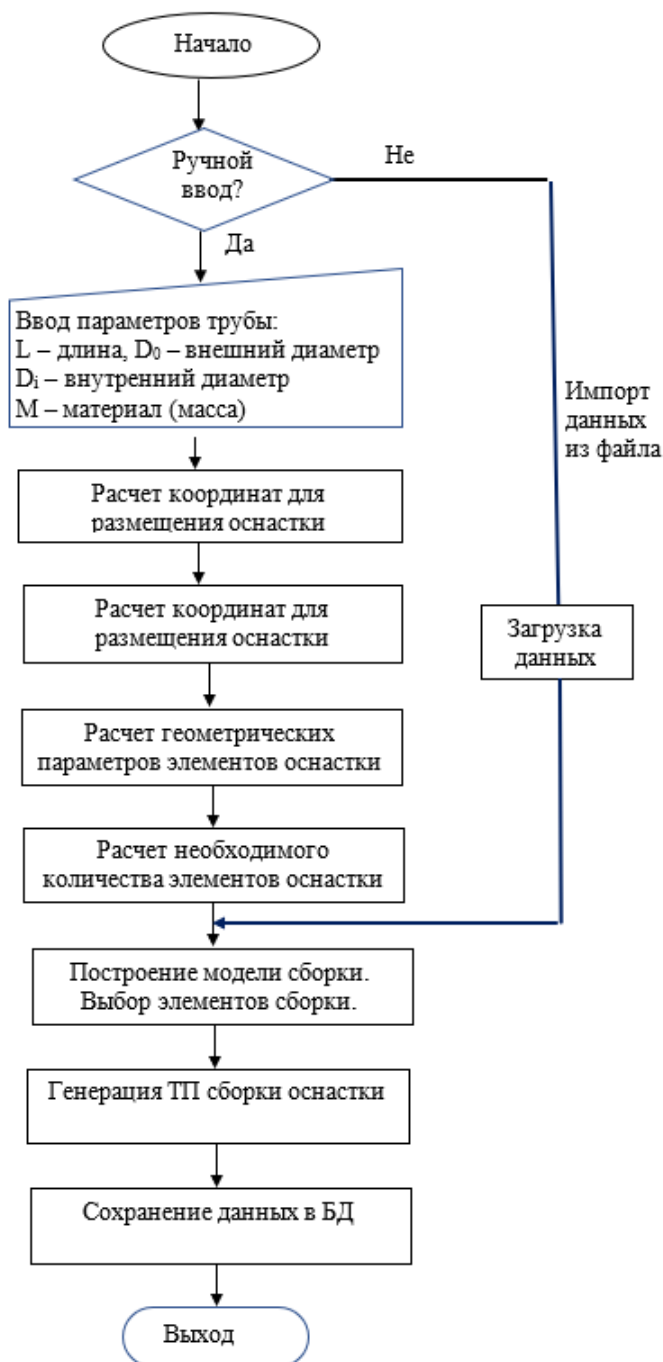


Рис. Блок-схема модуля программы проектирования и построения универсальной оснастки трубопроводов

Модернизация ТП, подразумевает переход от специализированной технологической оснастки к универсальной. Использование САПР и внедрение гибких роботизированных сварочных комплексов может привести к существенным результатам в

виде экономии денежных средств и уменьшения времени производственного процесса изготовления трубопроводов с сохранением высоких показателей качества и созданием конкурентной на миро-

вом рынке продукции в авиастроительной отрасли.

#### **Заключение**

Таким образом стоимость предложенной модернизации в рамках одного авиастроительного производства может не превысить 5 млн рублей, тогда как экономический эффект может составить порядка 400 млн рублей. Практическая реализация

предложенной модернизации приведет к существенному сокращению издержек на стадии производства и серийного выпуска элементной базы трубопроводов, также будет активно способствовать процессу импортозамещения и повышению конкурентоспособности нашей авиационной техники.

#### **Библиографический список**

1. Зернова Е.П. Анализ направлений развития и модернизации авиационной отрасли России // Общество: политика, экономика, право. – 2016. – № 1. – С. 39-44.
2. Губенко А.В., Ксенофонтова Т.Ю., Сычева Е.Г. Направления и особенности развития системы воздушного транспорта России: региональный аспект // Экономика и управление. – 2015. – № 3 (113). – С. 11-17.
3. Алendarь А.Д., Ланшин А.И., Евстигнеев А.А., Якубовский К.Я., Силуянова М.В. Обзор проблем создания сверхзвукового пассажирского самолёта нового поколения в части силовой установки // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 7-28. DOI: 10.18287/2541-7533-2023-22-1-7-28
4. Павлов П.Ю., Соснин П.И. Онтологическая поддержка технологической подготовки производства трубопроводов летательного аппарата // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – Т. 19. № 1. – С. 187-194.
5. Минаев Д.С., Янакаев Я.С., Чернова С.Д., Чернов Д.Б. Термомеханические соединения для авиационных трубопроводов // Авиационная промышленность. – 2015. – № 4. – С. 51-53.
6. Павлов П.Ю., Соснин П.И. Прецедентно-ориентированное геометрическое моделирование деталей и узлов трубопроводных систем летательного аппарата // Программные системы и вычислительные методы. – 2019. – № 4. – С. 55-65.
7. Гураков Н.И., Зубрилин И.А., Эрнандэс Моралес М., Якушкин Д.В., Диденко А.А., Матвеев С.Г., Комисар Ю.В. Расчёт характеристик течения жидкого топлива при его подаче через центробежные форсунки малоразмерных газотурбинных двигателей // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2021. – Т. 20, № 2. – С. 19-35. DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-2-19-35.
8. Коробейников А.Г., Кутузов И.М., Колесников П.Ю. Анализ методов обфускации // Кибернетика и программирование. – 2012. – № 1. – С. 31-37.
9. Korobeynikov A.G., Fedosovsky M.E., Maltseva N.K., Baranova O.V., Zharinov I.O., Gurjanov A.V., Zharinov O.O. Use of information technologies in design and production activities of instrument-making plants // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Т. 9. № 44. – С. 104708.

**MODERNIZATION OF THE PIPELINE ELEMENT BASE OF DOMESTIC AIRCRAFT  
IN CONDITIONS OF IMPORT SUBSTITUTION**

**A.G. Korobeynikov**<sup>1,2</sup>, *Doctor of Technical Sciences, Professor*

**V.L. Tklich**<sup>2</sup>, *Doctor of Technical Sciences, Professor*

**O.I. Pirozhnikova**<sup>2</sup>, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

<sup>1</sup>**Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg branch**

<sup>2</sup>**ITMO University**

**(Russia, St.-Petersburg)**

***Abstract.** The paper considers the problems of modernizing production processes for creating various types of pipelines for various systems of modern aircraft. Based on the analysis of the current state of affairs in the aircraft industry, proposals have been developed to increase profitability and reduce the duration of the production cycle of the aircraft element base. Ways are proposed to ensure the quality of the internal coating of pipelines in order to increase their reliability.*

***Keywords:** modernization of production processes, modern aircraft, quality assurance of the internal coating of pipelines.*