

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования

УДК: 658.5.011

DOI: 10.30987/article_5bfd98c62bf624.44338948

Е.Г. Семенова, А.В. Чабаненко

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В статье рассмотрены перспективы применения новых технологий в радиоэлектронике, проблемы управления качеством аддитивного производства корпусных элементов РЭА. Выявлены типовые проблемы влияющие на качество готовой продукции выполненной по аддитивным технологиям.

Ключевые слова: *качество, показатель качества, управление технологическим процессом, РЭА, аддитивные технологии.*

E.G. Semenova, A.V. Chabanenko

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SOLUTIONS IN ADDITIVE MANUFACTURING

In the article the prospects of use of new technologies in radio electronics, problems of quality management of additive production of the REA case elements are considered. Identified typical problems affecting the quality of finished products made by additive technologies.

Key words: *quality, quality index, process control, REE, additive technologies.*

Введение

Приоритетными направлениями промышленной политики России на данном этапе является повышение конкурентоспособности производства и эффективное продвижение наукоемкой продукции на внутреннем и внешнем рынках. В Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года Президент России Владимир Путин обозначил Национальную технологическую инициативу (НТИ) одним из приоритетов государственной политики России. Сегодня перед страной стоит амбициозная задача активного формирования отрасли аддитивных технологий для обеспечения стратегического технологического суверенитета страны в будущем. Аддитивные технологии один из главных мировых трендов, упоминаемых в контексте новой промышленной революции.

Стандарты в области аддитивных технологий

Для обеспечения развития аддитивных технологий в России Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) утвердило первые два национальных стандарта в области аддитивных технологий.

ГОСТ Р 57586-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Общие требования. и «Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции», шифр по ГОСТ Р 57586-2017, и Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения», стандарты, разработанные в рамках ТК 182 «Аддитивные технологии», являются важнейшей составляющей этого процесса. Стандарты разработаны Техническим комитетом по стандартизации «Аддитивные технологии», созданного на базе ВИАМ совместно с АО «Наука и инновации» (ГК «Росатом») приказом Росстандарта в сентябре 2015 года. Данные стандарты позволят повысить качество

выпускаемой продукции производимой при помощи аддитивных технологий.

В существующих подходах слабо отражены особенности управления процессами опытно стендовых испытаний и подготовки к выпуску продукции, в частности продукции оборонного назначения и изделий, осваиваемых конверсируемыми предприятиями. В этой связи, безусловно, актуальными являются исследования, направленные на разработку методологии управления качеством на всех стадиях жизненного цикла изделий на основе аддитивных технологий, что позволит достичь на предприятии интегрированной системы менеджмента качества наукоемких изделий на основе применения технологических методов и современных информационных технологий.

В настоящее время предприятия и организации радиоэлектронной промышленности сохранили положительные темпы развития производства и научно-технической деятельности. По итогам 2016 года общий объем производства промышленной продукции, произведенной предприятиями и организациями РЭП в сопоставимых ценах, вырос на 24,0% по сравнению с 2015 годом, в том числе: – объем продукции гражданского назначения – на 5,1%; – производительность труда – на 21%. Одним из основных инструментов реализации государственной политики по развитию РЭП является Государственная программа «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы».

Промышленная эксплуатация РЭА часто происходит при воздействии различных внешних факторов: климатических, биологических, механических. К ним относятся перепады температур, повышенная влажность окружающей среды, морской туман, грибковые и плесневые образования, условия запыленности, вибрация и т. п. Защита изделий от этих воздействий осуществляется с помощью корпусов. Выбор того или иного корпусного элемента определяется условиями эксплуатации аппаратуры, а также конструктивно-технологическими параметрами РЭА.

Современные стандарты BS 7000 2013 Системы управления производством. Устанавливают тесную взаимосвязи производства и НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы). На (рис. 1) можно увидеть роль НИОКР на современном наукоёмком производстве.



Рис. 1. - Роль НИОКР в работе предприятия в BS 7000

Использование нейронных сетей

Для обеспечения качества производства и прогнозирования несоответствий предлагается использование нейросетей.

Нейронные сети используют для решения задач управления, классификации, прогнозирования. Такой успех определяется следующими причинами:

Нейросети – это мощнейший метод имитации явлений и процессов, который позволяет показывать сложнейшие зависимости. Нейронные сети являются нелинейными по своей природе, в то же время как на протяжении нескольких лет для создания моделей применялся линейный подход. А также, во многих случаях нейронные сети помогали преодолеть, так называемое, "проклятие размерности", которая обусловлена тем, что создание модели нелинейных явлений требует большого количества вычислительных ресурсов (в случае большого числа переменных).

Следующая особенность нейросетей связана с тем, что используется механизм обучения. Пользователь нейронной системы подбирает представительные данные и запускает обучающий алгоритм, который сам настраивает параметры сети без участия пользователя. От пользователя только требуется набор эвристических знаний о том, как следует подготавливать и отбирать данные, выбирать необходимую архитектуру нейронной сети и интерпретировать полученные результаты. Однако следует заметить, что уровень знаний, требующийся от пользователя, который необходим для успешного применения нейронной системы, намного меньше, чем, к примеру, при использовании традиционных методов.

Для удобства создания нейронной сети использовался программный пакет Matlab.

Искусственные нейронные сети в Matlab представляют новое направление в практике создания технических систем. Возможности нейронных сетей выполнять операции сравнения по образцу и классификации объектов, недоступные для традиционной математики, позволяют создавать искусственные системы для решения задач распознавания образов, диагностики заболеваний, автоматического анализа документов и многих других нетрадиционных приложений.

Нейронная сеть представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (нейронов).

Для прогнозирования количества несоответствий корпусных элементов на аддитивной установке представлено построение базовой структуры прогнозирования нейронной сети Matlab (рис. 2, 3).

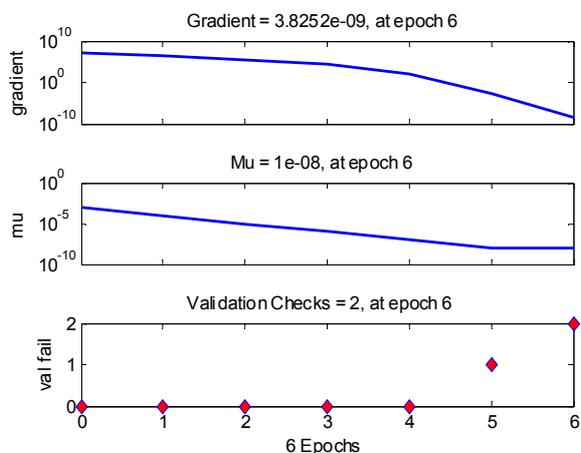


Рис. 2. - Обучение нейронной сети

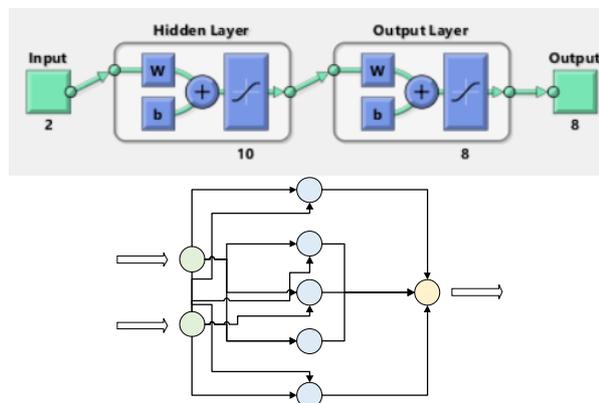


Рис. 3. - Структура нейронной сети

Для оценки точности использована максимальная абсолютная погрешность,

составившая 0.0795 при достижении суммарной квадратичной ошибкой результата на выходе сети, относительная погрешность составила 7.95%, что говорит о продуктивной работе системы и возможности прогнозирования количества несоответствий при аддитивном производстве, что используется при расчёте риска и затрат при производстве корпусных элементов.

Разработанная методика снижения уровня дефектности, учитывающая прогноз несоответствий с использованием статистических методов управления качеством в аддитивном производстве представлена на рис. 4.

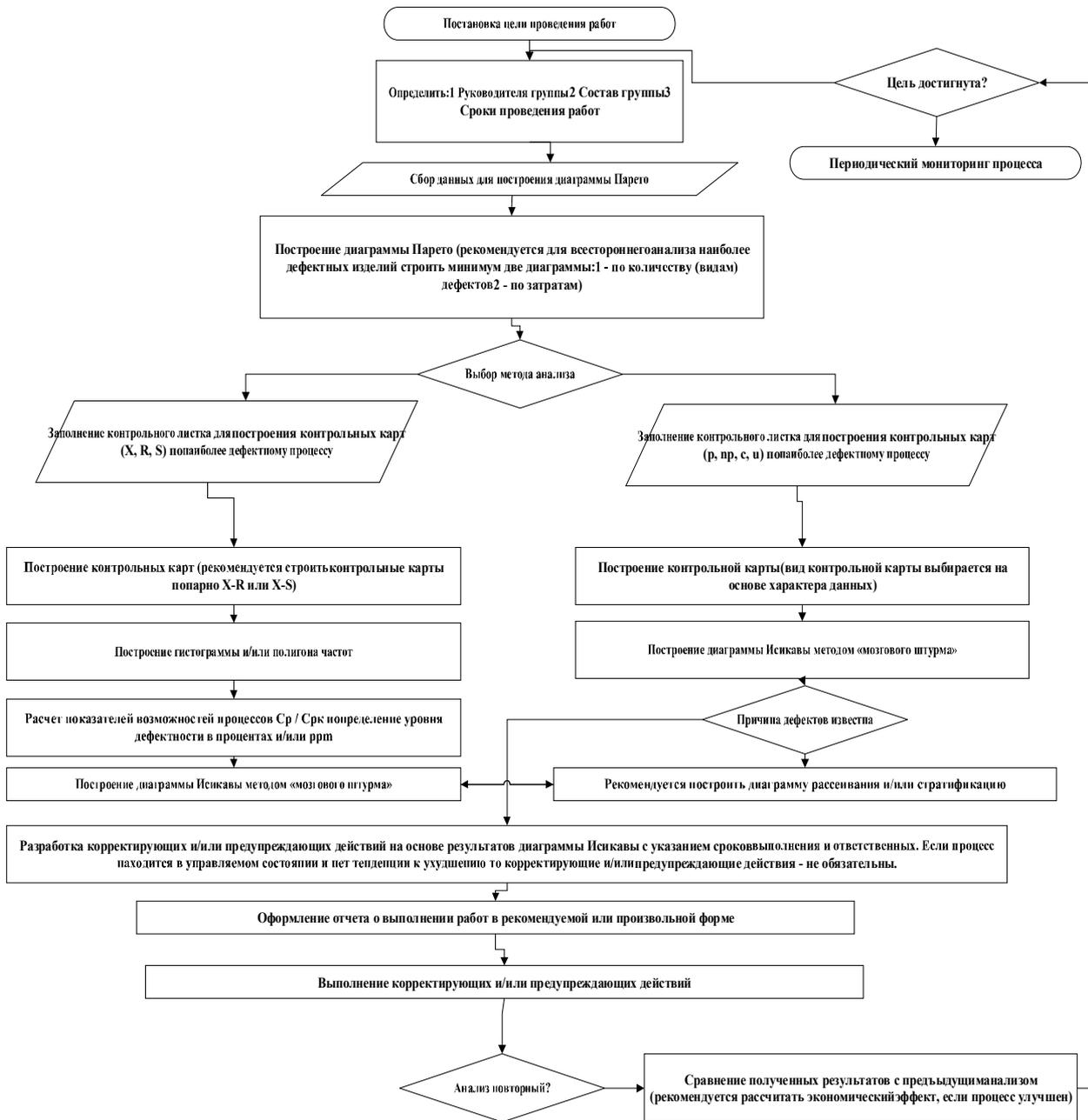


Рис. 4. - Методика проведения работ по снижению уровня дефектности с использованием статистических методов управления качеством в аддитивном производстве

Большая часть изделий после печати соответствует номинальному значению отклонения (0.1 мм при толщине 16 мм), что подтверждено контрольной X-картой. ТП приведен к нормальному распределению. Уровень дефектности снижен до 850 дефектных изделий на миллион выпущенных ($C_p = 1,207$ и $C_{pk} = 1,110$).

Оценка текущего состояния ТП показала, что процесс нестабилен и смещен к верхней границе поля допуска. На гистограмме и контрольной X-карте отчетливо видна область исправимого брака (рис. 5 а). Уровень дефектности, рассчитанный с помощью показателей возможностей процессов C_p - поведения процесса относительно границ поля допуска, и C_{pk} - отражающего настройку на середину этого поля, составил около 20 %.

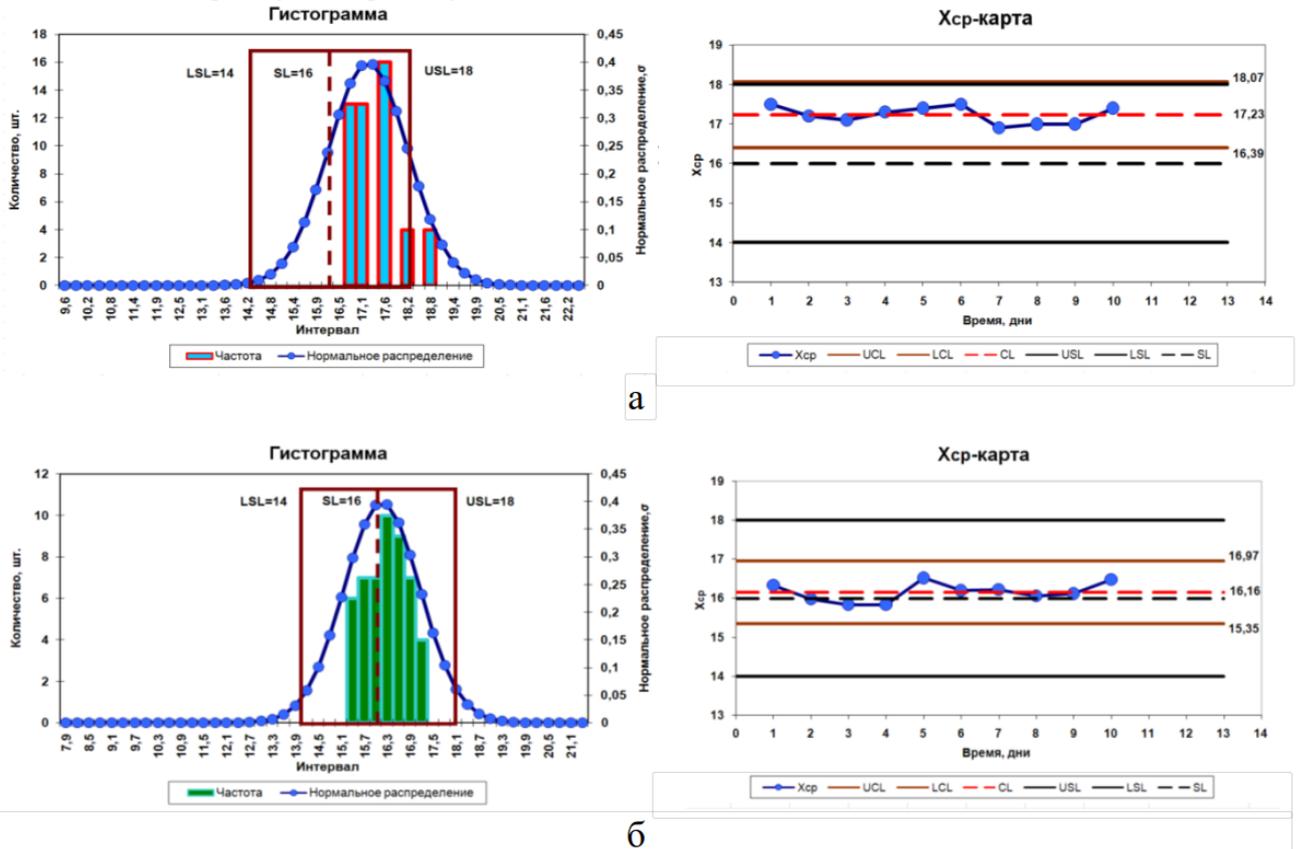


Рис. 5. - Текущее состояние технологического процесса производства корпуса РЭА до (а) и после (б) реализации корректирующего действия: LSL - нижняя граница поля допуска; SL – середина поля допуска; USL – верхняя граница поля допуска; LCL - нижняя контрольная граница; CL – средняя контрольная линия; UCL – верхняя контрольная граница

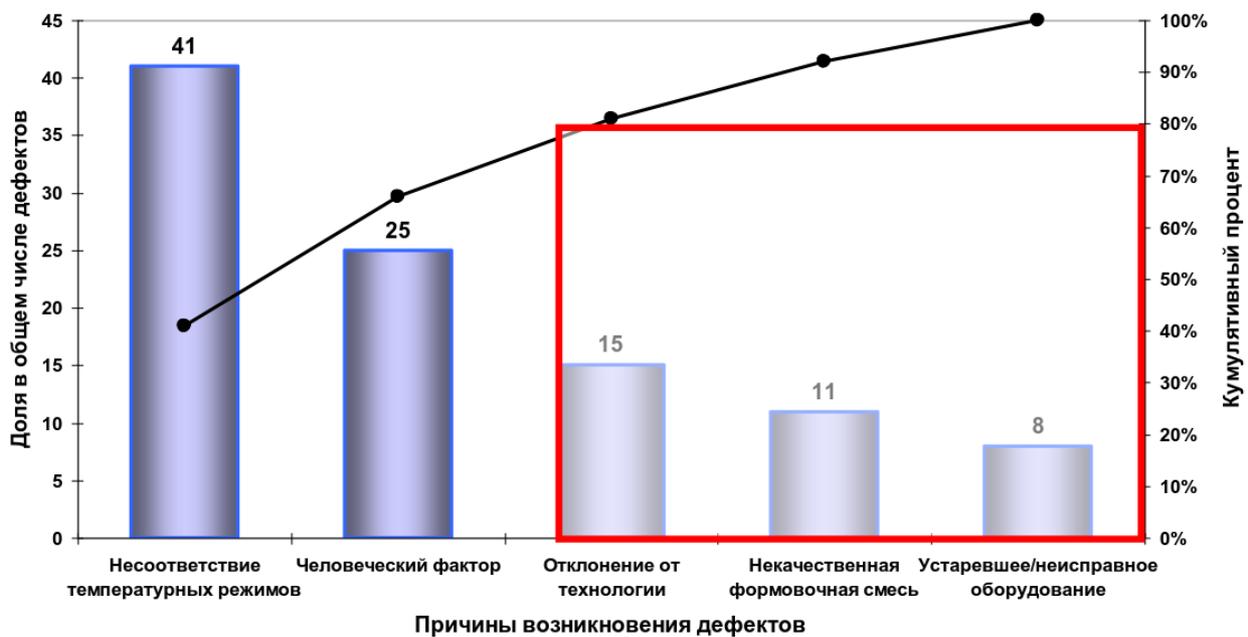


Рис. 6. - Диаграмма Парето причин возникновения дефектов

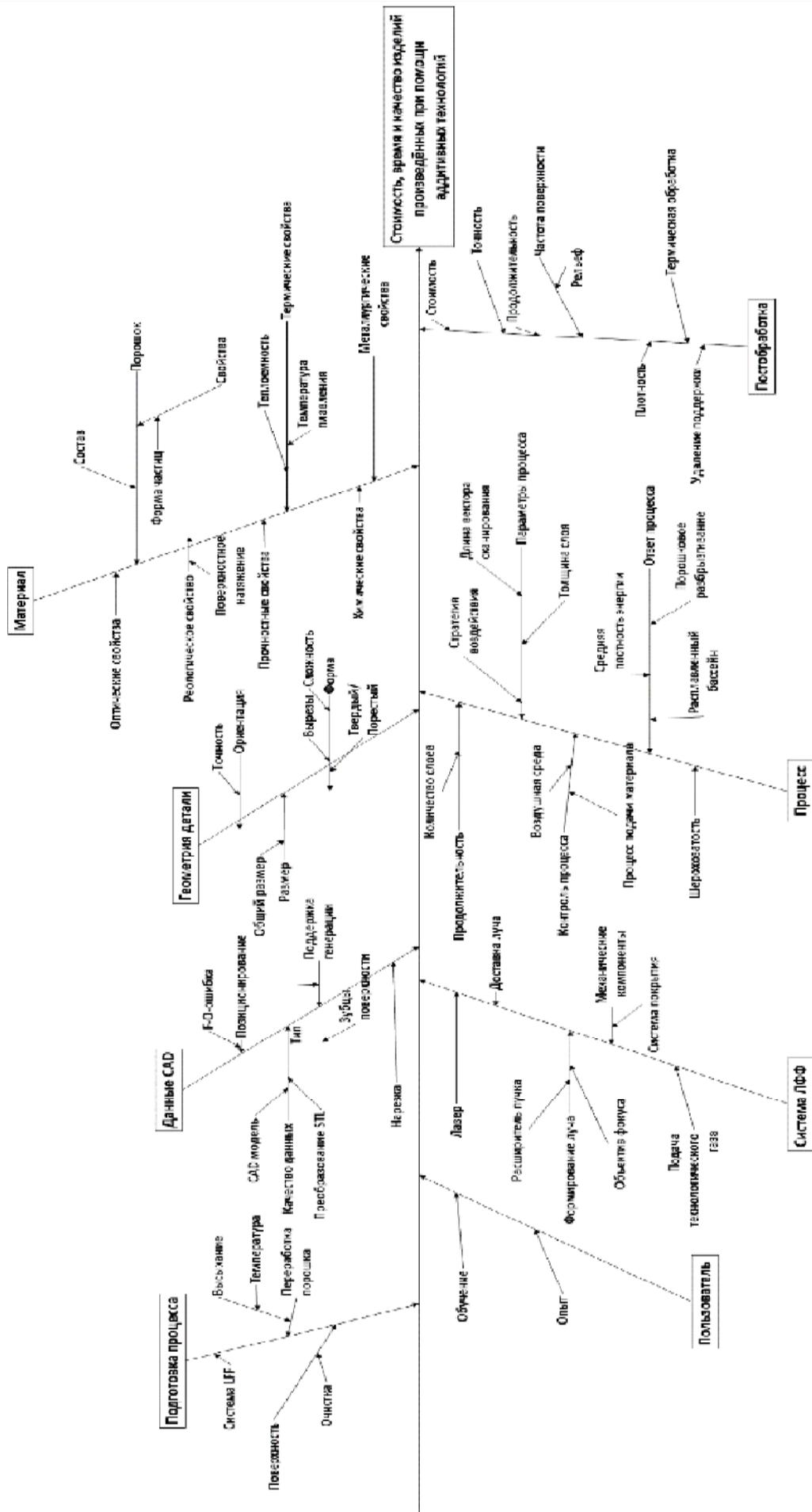


Рис. 7. - Причины несоответствий послыного наложения полимерной нити

Для снижения уровня дефектности на основании диаграммы Исикавы разработаны и реализованы корректирующие действия по изменению размеров корпуса в технологической документации и корректировке температурного режима. Реализация корректирующих действий позволила добиться статистически управляемого поведения процесса, настроенного на середину поля допуска (рисунок 5, б).

Проведенный анализ данных о дефектах и причинах их возникновения показал, что большая часть несоответствий возникающих в аддитивном производстве возникает из-за несоответствия температурного режима печати по причине отклонения от технологии изготовления, среди несоответствий выделен также человеческий фактор который связан с обслуживанием оборудования (рис.6).

Проведен системный статистический анализ текущего состояния технологического процесса с применением модели динамики функционирования корпуса в различных температурных режимах. С помощью диаграммы Исикавы определены основные причины брака, а именно, несовершенство оснастки и несоблюдение технологической процедуры печати и температурных режимов (рис.7).

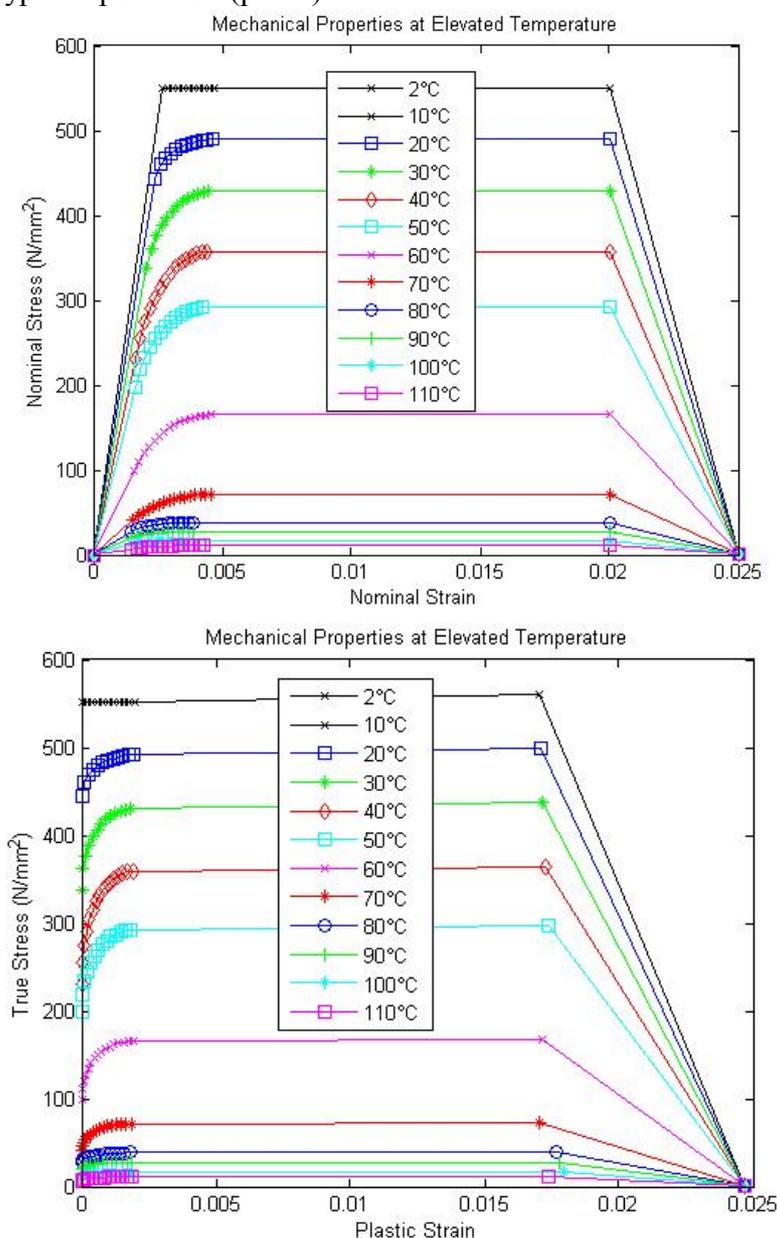


Рис. 8. - Расчёт максимальных нагрузок при различных температурах корпуса РЭА произведённого по МПН технологии

На основе проведенных расчетов температурных режимов, произведенных в среде компьютерной математики MATLAB Toolbox, построена модель функционирования корпуса РЭА в различных температурных средах.

Рассчитывались механические свойства и участки кривых растяжения для тонкостенных полимерных конструкций при повышенных температурах.

Данные записывались в Excel - файлов , которые использованы для ввода в программах FE, таких как AbaqusUnified FEА. Входные данные для Abaqus направлялись в анализ напряжений и пластической деформации. Определены участки номинальных напряжений при различных температурных режимах (рис. 8).

Совместная вероятность, подсчитанная на выходе данной схемы, характеризует ожидаемую вероятность получения каждого результата функционирования корпуса РЭА в условиях температурного воздействия.

Технологии искусственных нейронных сетей являются одним из важнейших направлений современной науки. Они находят широкое применение в различных областях науки и производства.

Заключение

Использование организационно-технических решений при организации наукоёмкого производства позволит не только повысить качество целевых продуктов, производимых на основе аддитивных технологий и улучшить технико-экономические показатели, но и существенно сократить сроки и стоимость НИОКР при создании наукоёмкой продукции, а также использовать инновационные методы анализа эффективности производства для решения смежных задач.

Промышленным и научным центрам предоставлялась возможность в полной мере использовать потенциал научно-технического комплекса для успешного внедрения новых технологий, решения технологических проблем в процессе производства, а также повышения и поддержания конкурентоспособности.

Список литературы:

1. Чабаненко А.В. Стандартизация наукоёмкой продукции // РИА Стандарты и качество. М. 2015. № 1. С. 42-47.
2. Гулевитский А.Ю., Чабаненко А.В. Разработка и внедрение системы управления производством инновационной продукции // избранные научные труды: Материалы IVX междунар. конф. М. 2015. С. 159-164.
3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) [Электронный ресурс] // Отчёт о деятельности организации. Режим доступа URL: [http:// www.rupto.ru/](http://www.rupto.ru/) (дата обращения: 10.02.2016).

References:

1. Chabanenko A.V. (2015). Standardization of science-intensive products. RIA Standards and quality, Moscow,(1), pp. 42-47.[in Russian language]
2. Gulyevitsky A.Yu., Chabanenko A.V. (2015). Development and implementation of a system for managing the production of innovative products. Selected scientific works, Materials IVX International Conference. Moscow, pp. 159-164.[in Russian language]
3. Federal Service for Intellectual Property (Rospatent). Report on the activities of the organization. Available at: <http://www.rupto.ru/> (Accessed: 10.02.2016).[in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 10.04.18.

*Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Аверченков А.В.*

Статья принята к публикации 07.09.18.

Сведения об авторах:

Семенова Елена Георгиевна
д.т.н., профессор
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»,
Зав. кафедрой № 5 инноватики и интегрированных систем качества
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

Information about authors:

Semenova Elena Georgievna
Doctor of Technical Sciences, Professor
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Head of Department No. 5 «Innovation and integrated quality systems»
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Bolshaya Morskaya, 67, lit. A, St.

университет аэрокосмического приборостроения», ул.
Большая Морская, д. 67, лит. А, Санкт-Петербург,
190000, Россия
Телефон (раб.) (812) 494-70-69
Телефон (дом.) (812) 494-70-69
E-mail: egsemenova@mail.ru

Petersburg, 190000, Russia
Phone (work) (812) 494-70-69
Phone (home) (812) 494-70-69
E-mail: egsemenova@mail.ru

Чабаненко Александр Валерьевич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения»,
Аспирант кафедры № 5 инноватики и
интегрированных систем качества
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения», ул.
Большая Морская, д. 67, лит. А, Санкт-Петербург,
190000, Россия
Телефон (раб.) 8-952-364-24-76
Телефон (дом.) 8-952-364-24-76
E-mail: chabalexandr@gmail.com

Chabanenko Alexander Valerievich

Saint-Petersburg State University of Aerospace
Instrumentation, Post-graduate student of the Department
No. 5«Innovation and integrated quality systems»
Saint-Petersburg State University of Aerospace
Instrumentation, BolshayaMorskaya, 67, lit. A, St.
Petersburg, 190000, Russia
Tel.: (office) 8-952-364-24-76
Tel.:(home) 8-952-364-24-76
E-mail: chabalexandr@gmail.com