

УДК 347.823.21

DOI 10.51955/2312-1327_2022_3_33

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОЦЕНКИ НЕСООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

*Николай Сергеевич Херсонский,
orcid.org/0000-0003-1296-7131,
кандидат технических наук,
генеральный директор ООО «СОЮЗСЕРТ»,
ул. Викторенко, д. 7, корпус 30
Москва, 125167, Россия
hersn@yandex.ru*

*Людмила Геннадьевна Большедворская,
orcid.org/0000-0002-1425-7398,
доктор технических наук,
профессор кафедры БПиЖД
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский бульвар, д. 20
Москва, 125993, Россия
l.bolshedvorskaya@mstuca.aero*

Аннотация. Цель данной работы заключается в определении практической применимости статистических методов для оценки соответствия производимой продукции требованиям нормативной документации и обоснованию целесообразности стратегического планирования ассортимента их производства. Достоинством данного исследования является разработка универсального алгоритма системы применения статистических методов для управления несоответствующей продукцией и снижением количества брака, вызываемого известными и малоизученными причинами. Достоверность полученных выводов обусловлена результатами экспериментов, проведенных в рамках технологического процесса, объектами которого явились цилиндрические детали, изготавливаемые методом прессования из разнообразных по физико-химическому составу материалов, применяемых в различных отраслях промышленности: авиационной, машиностроении, судостроительной, оборонной и др.

Ключевые слова: статистические методы, качество комплектующих изделий, несоответствующая продукция, требования нормативной документации, безопасность полетов.

CONTROL OF EVALUATING NON-CONFORMING PRODUCTS BASED ON STATISTICAL METHODS

*Nikolai S. Khersonsky,
orcid.org/0000-0003-1296-7131,
Candidate of Technical Sciences,
General Director of SOYUZCERT LLC,
7, building 30, Viktorenko St.,
Moscow, 125167, Russia
hersn@yandex.ru*

*Ludmila G. Bolshedvorskaya,
orcid.org/0000-0002-1425-7398,
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of BP&ZhD
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
Kronstadtsky boulevard, 20
Moscow, 125993, Russia
l.bolshedvorskaya@mstuca.aero*

Abstract. The purpose of this work is to determine the practical applicability of statistical methods for assessing the compliance of manufactured products with the requirements of regulatory documentation and substantiating the feasibility of strategic planning of their production range. The advantage of this study is the development of a universal algorithm for the system of applying statistical methods to control nonconforming products and reduce the number of defects caused by known and little-known causes. The reliability of the conclusions obtained is due to the results of experiments carried out as part of the technological process, the objects of which were cylindrical parts made by pressing from materials of various physical and chemical composition used in various industries: aviation, mechanical engineering, shipbuilding, defense, etc.

Key words: statistical methods, quality of components, nonconforming products, requirements of regulatory documentation, flight safety.

Введение

Вопросами оценки и управления качеством продукции и услуг много лет занимается ООО «СОЮЗСЕРТ», реализовав на практике научные достижения в различных отраслях промышленности: авиационной, машиностроении, судостроительной, оборонной и др. Наиболее значимыми результатами следует выделить разработку механизма для оценки эффективности функционирования интегрированной системы управления безопасностью полетов (СУБП) и системой менеджмента качества (СМК) операторов аэродромов с позиции риск-ориентированного подхода.

На фоне отсутствия и противоречивости стандартов, методов и методик защиты самолетов нового поколения от наземного обледенения проведена научно-исследовательская работа, результаты которой позволяют повысить безопасность полетов самолетов в условиях Крайнего Севера.

Разработанные рекомендации учета воздействия неблагоприятных климатических факторов на состояние неровностей аэродромного покрытия позволяют обеспечить безопасность полетов воздушных судов, а также повлиять на принятие и реализацию решений по улучшению путей сообщения наземных видов транспорта обширной территории России.

Актуальность данного исследования продиктована появлением разногласий в политической, культурной и социально-экономической сферах деятельности, возникших в последнее время, которые могут привести к серьезной перестройке в системе авиационного обеспечения транспортных перевозок. В связи с этим задача управления процессом несоответствующей продукцией и авиационных услуг требованиям интегрированных систем СУБП и СМК является логическим продолжением ранее проведенных исследований, а полученные результаты могут стать фундаментальной основой для выработки рекомендаций по развитию долгосрочных партнерских отношений с

поставщиками продукции и услуг с целью поддержания летной годности, поэтапной модернизации или обновления парка воздушных судов и за счет взаимосвязи между параметрами СМК и рисками СУБП повысить безопасность полетов.

Статистическое управление качеством – это та часть СМК, в которой применяют статистические методы^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13} [Вентцель, 1962; Закс, 1976; Кендалл и др., 1973; Методические указания..., 1978; Херсонский и др., 2011].

Следует отметить, что статистические методы широко применяются и в СУБП.

К этим методам относятся: описательная статистика, планирование экспериментов, проверка гипотез, измерительный анализ, анализ возможностей процесса, дисперсионный анализ, регрессионный анализ, анализ надежности, выборочный контроль, моделирование, карты статистического контроля процесса, статистическое назначение допуска, анализ временных рядов, сети Петри, Байесовские сети доверия и др. [Гирилович и др., 2021; Кимличенко и др., 2015]

Кроме этого, можно применять: мозговой штурм, методы Тагути, диаграммы Парето и другие известные методы, которые стандартизованы^{14,15} [Легезина, 2019]. Согласно требованиям ГОСТ Р ИСО

¹ ГОСТ Р 50779.10-2000. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

² ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93). Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

³ ОСТ 84-612-79. Комплексная система контроля качества. Статистические методы контроля линейных и физических параметров по альтернативному признаку, 75 с.

⁴ ИСО/ТО 10017 Руководящие указания по применению статистических методов в соответствии с ИСО 9001:2000.

⁵ ГОСТ Р ИСО 2859-10-2008. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 10. Введение в стандарты серии ГОСТ Р ИСО 2859.

⁶ ГОСТ Р ИСО 3951-1-2007. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по количественному признаку. Часть 1. Требования к одноступенчатым планам на основе предела приемлемого качества для контроля последовательности партий по единственной характеристике и единственному AQL.

⁷ ГОСТ Р ИСО 3951-2-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по количественному признаку. Часть 2. Общие требования к одноступенчатым планам на основе AQL при контроле последовательных партий по независимым характеристикам качества.

⁸ ГОСТ Р ИСО 3951-3-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по количественному признаку. Часть 3. Двухступенчатые схемы на основе AQL для контроля последовательных партий.

⁹ ГОСТ Р ИСО 3951-5-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по количественному признаку. Часть 5. Последовательные планы на основе AQL для известного стандартного отклонения.

¹⁰ ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества.

¹¹ ГОСТ Р ИСО 2859-3-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Контроль с пропуском партий.

¹² ГОСТ Р ИСО 2859-4-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 4. Оценка соответствия заявленному уровню качества.

¹³ ГОСТ Р ИСО 2859-5-2009. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 5. Система последовательных планов на основе AQL для контроля последовательных партий.

¹⁴ ИЕС 31010:2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».

9001¹⁶ к СМК на предприятиях и в организациях должна быть документально оформлена и поддерживаться в рабочем состоянии информационная база данных для выбора и применения статистических методов на различных стадиях жизненного цикла продукции (рис. 1).

Реализация процессов, не соответствующих уровню качества, может привести к возникновению брака продукции, что повлечет дополнительные материальные затраты организации и потерю ее имиджа как добросовестного производителя и поставщика [Поводырева, 2013].

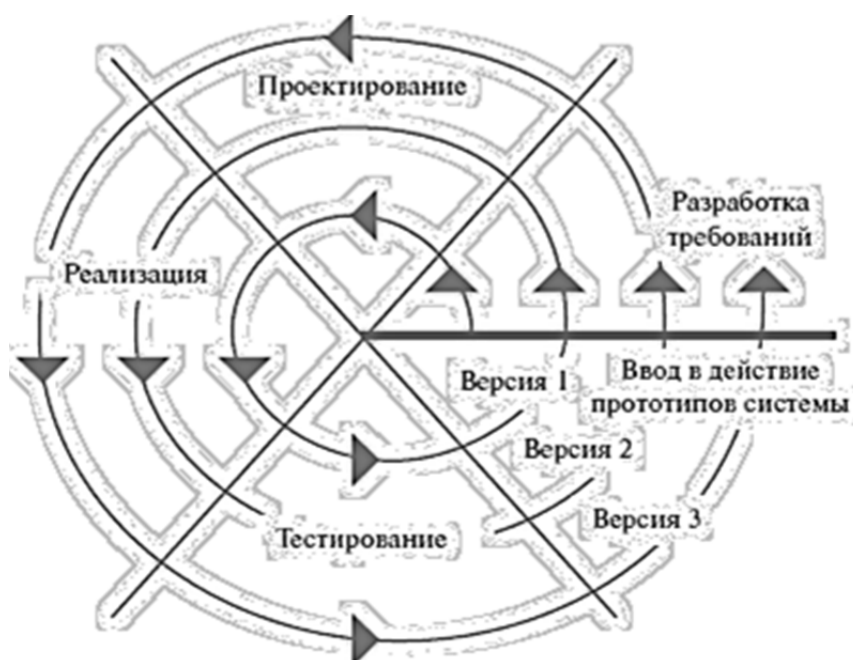


Рисунок 1 – Спиральная модель жизненного цикла продукции

В связи с этим разработка и обоснование статистических методов контроля качества, применяемых на всех стадиях производства продукции в различных отраслях промышленности: авиационной, машиностроении, судостроительной, оборонной и др., приобрели повышенную актуальность, особенно при определении рисков управления безопасностью, оценки результативности и эффективности процедур выполнения требований п. 8.7 ГОСТ Р ИСО 9001¹⁷ СМК и документа Doc ICAO 9859 в части управления безопасностью полетов СУБП¹⁸.

Материалы и методы

¹⁵ ИСО/ТО 10017 Руководящие указания по применению статистических методов в соответствии с ИСО 9001:2000.

¹⁶ ИСО/ТО 10017 Руководящие указания по применению статистических методов в соответствии с ИСО 9001:2000.

¹⁷ ИСО/ТО 10017 Руководящие указания по применению статистических методов в соответствии с ИСО 9001:2000.

¹⁸ Doc ICAO 9859 Руководство по управлению безопасностью полетов, изд.4, 2018.

Для разработки системы управления несоответствующей продукцией и услуг с применением статистических методов в рамках реализации требований СМК к любой организации была разработана Программа проведения исследовательских работ (табл. 1) на примере процесса прессования цилиндрических деталей из различных материалов.

Для формирования базы статистических данных и их последующего анализа в работе проведен практический эксперимент на базе действующего производства посредством использования традиционного метода прессования деталей, осуществляемого на прессах, выпущенных в РФ. Одним из основных элементов процесса прессования является оснастка, состоящая из матрицы и пуансона, изготовленных из высоколегированной стали. Качество эксперимента было обеспечено выполнением требований технологического процесса, при котором в заранее подготовленную матрицу засыпалась дозированная масса продукта и устанавливался пуансон. На прессе с четко фиксированным удельным давлением прессования производилась запрессовка продукта в матрицу, результатом которого была цилиндрическая деталь.

В соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к качеству цилиндрической детали, в процессе эксперимента определялись: масса продукта, температура окружающей среды, удельное давление прессования, время выдержки под давлением, диаметр экспериментальной детали, включая ее внешний вид и геометрические характеристики. Особое внимание к качеству эксперимента было уделено выявлению возможных перекосов стола пресса, исключающего погрешности статистических результатов.

Выходными параметрами проводимого эксперимента являлись: структура изменения внешнего вида детали, средняя плотность вещества продукта детали, высота детали.

Поскольку основное несоответствие качества детали определяется на выходе, в работе сделано заключение о факторах, влияющих на сохранение структуры, основным из которых является изменение средней плотности детали, не допускающей превышения отклонения более 0,1 %.

Однако, на практике основное количество несоответствующих деталей связано именно с выходным параметром – высота детали. Поэтому количество брака на некоторых видах деталей по высоте может достигать до 30-40%.

Изменение высоты детали является очень важным параметром, так как детали комплектуются в строго размерные цепи сборок с довольно жестким замыкающим зазором. Поэтому в проводимом эксперименте особое внимание было акцентировано на повышение контроля за выходными параметрами производимой детали, включая параметры высоты и средней плотности детали.

На основании полученных результатов исследования в работе был разработан алгоритм проведения работ по выявлению возможных статистических отклонений и составлена программа (табл. 1), которая включает в себя:

- последовательность действий для выявления и устранения известных и малоизученных причин, влияющих на выпуск несоответствующих деталей;

– доверие к ответственности и квалификации персонала в области знаний, навыков и применимости статистических методов [Логинова и др., 2018; Калита, 2014].

– оценка эффективности финансирования исследовательских работ.

Таблица 1 – Программа проведения исследовательских работ

№ этап а	Наименование работы	Персонал, выполняющий работу
1	Проведение мозгового штурма	Руководитель проекта, инженер-исследователь, высококвалифицированные сотрудники предприятия
1.1	Составление диаграммы «рыбья кость»	Руководитель проекта, инженер-исследователь, высококвалифицированные сотрудники предприятия
1.2	Применение методов экспертных оценок для категорирования выходных параметров деталей	Руководитель проекта, высококвалифицированные сотрудники предприятия
2	Проведение экспериментальных работ	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог, наладчик прессового оборудования, работники ОТК для измерения, контроля геометрических параметров и определения средней плотности вещества изделия
2.1	Разработка программы экспериментальных работ	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог
2.2	Проведение экспериментальных работ (разработка листов сбора информации, предварительная оценка полученной информации)	Инженер-исследователь, технолог, метролог, наладчик прессового оборудования, две работницы ОТК (одна – измерение и контроль геометрических параметров детали, вторая – определение средней плотности вещества детали)
3	Определение влияния входных параметров на высоту детали, выбор определяющих входных параметров	Руководитель проекта, инженер-исследователь
4	Определение соответствия закона распределения выходного параметра высоты детали нормальному закону распределения	Руководитель проекта, инженер-исследователь
5	Построение статистической модели производства прессования детали относительно ее высоты	Руководитель проекта, инженер-исследователь
6	Проведение статистического анализа производства прессования детали	Руководитель проекта, инженер-исследователь

	относительно ее высоты	
7	Выбор плана статистического регулирования процесса прессования детали относительно ее высоты	Руководитель проекта, инженер-исследователь
8	Выбор плана статистического приемочного контроля детали относительно ее высоты	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог
9	Планы выборочного контроля с пропуском партий детали относительно ее высоты	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог
10	Прогнозирование выходного параметра детали – высоты в зависимости от априорной информации	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог
11	Разработка системы статистических методов регулирования, контроля и прогнозирования выходного параметра детали – высоты	Руководитель проекта, инженер-исследователь, технолог

Результаты и анализ

Одним из статистических методов, используемых в оценке результатов эксперимента, является метод мозгового штурма. Для определения основных причин, оказывающих влияние на появление количества несоответствующей продукции, была сформирована команда специалистов, ориентированных в процессах прессования изделий и факторов, влияющих на их последствия.

По результатам мозгового штурма была разработана диаграмма «рыбья кость», представляющая причинно-следственную зависимость производства продукции [Егоров, 2019] (рис. 2).

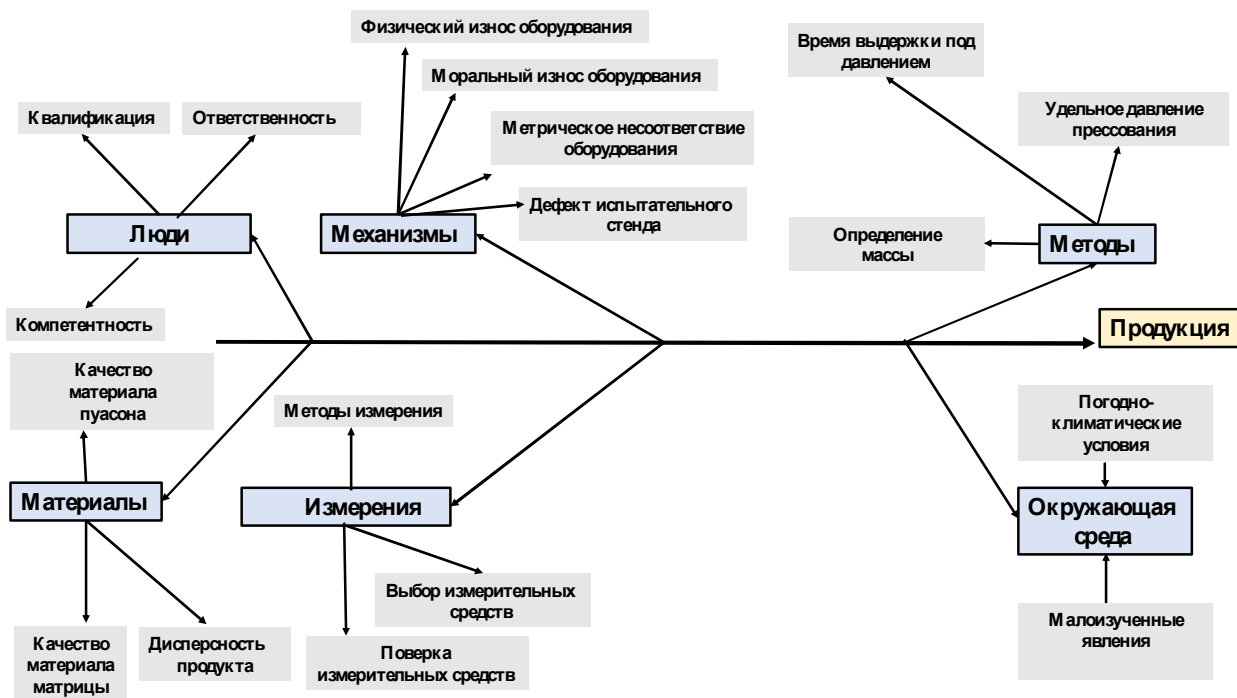


Рисунок 2 – Структура причинно-следственной диаграммы производства продукции

На основании проведенного исследования элементами представленной диаграммы были выделены причины-факторы, влияющие на результат, основными из которых являются: люди, механизмы, методы, материалы, измерения, окружающая среда [Гирилович и др., 2021].

По результатам экспертных оценок для всех параметров детали была разработана таблица категорирования контролируемых параметров, выстроенная с учетом требований стандарта¹⁹ к изделиям, которая может быть дополнена для контролирования соответствия широкого круга продукции (табл. 2). Особенностью предложенных контролируемых параметров является их категорирование в зависимости от степени влияния возможных отклонений на безопасность и работоспособность изделия в целом [Попрушко и др., 2014].

К первой категории отнесены параметры деталей и сборочных единиц изделий, несоблюдение заданных требований к которым может нарушить безопасность (критический дефект) у изделий в условиях сборки, хранения и эксплуатации.

Ко второй категории отнесены параметры, проявление которых может оказать влияние на надежность и работоспособность изделий.

К третьей категории отнесены параметры, не оказывающие существенного влияния на безопасность и эксплуатационную надежность изделий.

Таблица 2 – Категорирование контролируемых параметров изделия

Наименование параметра детали (входные и выходные)	Значение приемлемого уровня качества, q_n	Значение предельного уровня качества, q_m	Категория Значимости	Примечание
Внешний вид	0,00	0,00	Ia	
Высота детали	$(2,50-4,0) \cdot 10^{-3}$	$(2,50-4,00) \cdot 10^{-2}$	IIa	
Средняя плотность детали	$(4,00-6,50) \cdot 10^{-3}$	$(4,00-5,50) \cdot 10^{-2}$	IIб	
Масса навески	$(1,50-2,50) \cdot 10^{-2}$	$(8,50-10,00) \cdot 10^{-2}$	IIIб	
Диаметр детали	-	-	-	Не категорирован, обеспечивается инструментом (оснасткой)
Вес детали	$(1,50-2,50) \cdot 10^{-2}$	$(8,50-10,00) \cdot 10^{-2}$	IIIб	

Кроме этого, предложенные группы параметров могут рассматриваться в формате двух подгрупп: «а» и «б». К подгруппе Ia, IIa и IIIa предлагается относить параметры, возможные отклонения по которым от установленных требований нельзя обнаружить и исключить на стадиях контроля сборочных единиц, технологического процесса сборки, предусмотренного конструкторской документацией или методом сплошного контроля

¹⁹ ОСТ 84-612-79. Комплексная система контроля качества. Статистические методы контроля линейных и физических параметров по альтернативному признаку, 75 с.

замыкающих звеньев геометрических, физических, функциональных параметрических цепей.

К подгруппе Iб, IIб, и IIIб относятся параметры, возможные отклонения по которым от установленных требований обнаруживаются и исключаются в сборочных единицах или в процессе сборки, предусмотренной конструкторской документацией посредством сплошного контроля замыкающих звеньев геометрических, физических или функциональных параметрических цепей, в которые входят эти параметры.

Между параметрами СМК и рисками СУБП существуют определенные взаимосвязи, обусловленные несколькими признаками:

- отклонения параметров изделий, входящих в состав воздушного судна, от установленных требований для I категории значимости могут привести к недопустимому риску в безопасности полетов. На основании чего деятельность должна быть немедленно приостановлена (или не начата) и произведены соответствующие действия по снижению риска до приемлемого уровня;

- отклонения параметров изделий, входящих в состав воздушного судна, от установленных требований, относящихся ко II категории значимости, могут привести к неприемлемому риску: риск должен быть снижен до тех пор, пока безопасность полетов не будет полностью гарантирована;

- отклонения параметров комплектующих изделий, входящих в состав воздушного судна, от установленных требований для III категории значимости, могут привести к минимальному риску, при этом необходимо предпринять действия для перехода риска в категорию незначительного риска.

Для этого необходимо устранить возникший фактор опасности, применив ряд статистических методов (статистический анализ производства, статистическое регулирование и др.) для поддержания этих параметров в допусках нормативной документации с целью выполнения требований таблиц классификации параметров изделий [Бадяев и др., 2016].

На следующем этапе, в соответствии с п. 2.2 Программы проведения исследовательских работ, были проведены измерения геометрических параметров деталей. Достоверность выбора измерительных средств была обеспечена выполнением нормативных требований, применяемых к средствам измерения. Температура окружающей среды в зоне проведения экспериментального исследования составляла 22-25С° и контролировалась поверенным термометром. Полученные экспериментальные данные составили информационную базу параметров, включающих:

- удельное давление прессования;
- время выдержки под давлением;
- температуру окружающей среды;
- массу изделия;
- среднюю плотность детали;
- высоту детали.

На основании статистических данных была определена частота отклонения параметров, выходящих за границы технологического допуска. Установлено, что наибольшая частота изменения параметров, выходящих за

границы технологического допуска, обусловлена изменением высоты изделия на 25%, что и является причиной возникновения несоответствующей продукции.

Используя данные выходного параметра, была определена высота прессованной детали и по критерию Пирсона [Вентцель, 1962] было установлено соответствие закона распределения параметра высоты детали нормальному закону распределения.

В качестве доказательной базы в работе проведено дополнительное исследование для определения влияния входных параметров на изменение высоты изделия с целью определения влияния физико-химического состава материалов для производства деталей. Исследование проведено посредством определения тесноты связей между параметрами путем вычисления коэффициентов корреляций между ними.

Установлены несколько наиболее тесных корреляционных зависимостей между:

- средней плотностью, высотой и весом детали;
- весом и высотой детали.

На основании этого можно сделать вывод, что, составив уравнение линейной регрессии, можно получать контролируемые значения средней плотности в зависимости от изменений значений высоты и веса детали.

Для практического применения процесса управления контролем проверки качества выходного параметра изделия – высоты детали H в работе была разработана математическая модель технологического процесса прессования деталей:

$$H = b_0 + b_1 P_{уд} + b_2 M + b_3 P_{уд} M + b_4 P_{уд}^2 + b_5 M^2 \quad (1)$$

где: $P_{уд}$ – удельное давление прессования;

M – масса детали.

H – высота детали;

$b_0, b_1, \dots, b_5$ – коэффициенты регрессии, подлежащие определению.

Для полноты определения коэффициентов регрессии варьирование факторов рассматривалось на трех уровнях. Полный факторный план содержал девять контрольных точек.

Как известно, факторы (параметры технологического процесса $P_{уд}$ и M) изменяются в определенных пределах в технологических допусках. Поэтому в работе было введено обозначение верхнего предельного значения фактора +1, нижнего -1, а номинального значения – 0. Обозначен через x_1 – фактор удельного давления прессования ($P_{уд}$), а фактор массы изделия (M) обозначен через x_2 , тогда матрица полного факторного эксперимента второго порядка будет иметь вид, представленный в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица факторного эксперимента

№ точек плана	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x_1^2	x_2^2
1	1	1	1	1	1	1
2	1	-1	-1	-1	-1	1
3	1	-1	1	-1	-1	1
4	1	1	-1	1	1	1
5	1	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0
7	1	0	1	0	0	1
8	1	0	-1	0	0	1
9	1	1	0	0	0	0

В таблице 3 столбец x_0 – так называемый столбец фиктивной переменной, целиком состоит из единиц.

Информационная матрица этого плана:

$$X'X = \begin{pmatrix} 9 & 0 & 0 & 0 & 6 & 6 \\ 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 6 & 4 \end{pmatrix},$$

а ковариационная:

$$(X'X)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{5}{9} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{6} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -\frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

Используя уравнение (1), получим следующие формулы для определения коэффициентов регрессии:

$$\left\{ \begin{array}{l} b_0 = \frac{2}{9}(H_5 + H_6 + H_7 + H_8) + \frac{1}{9}(H_1 + H_2 + H_3 + H_4) + \frac{5}{9}H_9 \\ b_1 = \frac{1}{6}(H_1 + H_2 + H_5) - \frac{1}{6}(H_3 + H_4 + H_6) \\ b_2 = \frac{1}{6}(H_3 + H_5 + H_7) - \frac{1}{6}(H_2 + H_4 + H_8) \\ b_3 = \frac{1}{4}(H_1 + H_4) - \frac{1}{4}(H_2 + H_3) \\ b_4 = \frac{1}{6}(H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6) - \frac{1}{3}(H_7 + H_8 + H_9) \\ b_5 = \frac{1}{6}(H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_7 + H_8) - \frac{1}{3}(H_5 + H_6 + H_9) \end{array} \right. \quad (2)$$

где H_i ($i=1,2,\dots,9$) означает значение высоты i -той детали (в общем виде – любых изделий).

Математическая модель технологического процесса прессования детали на основе регрессионного анализа высоты детали может применена для различных отраслей и технологий промышленности: авиационной, машиностроения, судостроительной, оборонной и др.

В настоящее время оформляются результаты исследований по другим направлениям, представленным в п. 6-11 Программы проведения исследовательских работ.

Результаты исследований будут представлены авторами в отдельной статье.

Вывод

1. Разработанный универсальный алгоритм оценки соответствия выходных параметров продукции требованиям нормативной документации, основанный на использовании статистических методов, позволит осуществлять выпуск продукции и обеспечивать качество услуг с заранее установленными требованиями к выходным параметрам посредством их категорирования для различных отраслей и технологий промышленности: авиационной, машиностроения, судостроительной, оборонной и др.

2. Предложенный подход управления процессом оценки соответствия комплектующих изделий требованиям, приведенным в таблицах классификации параметров, позволит по-новому выстраивать процесс оценки эффективности функционирования интегрированной системы управления безопасностью полетов (СУБП) и системой менеджмента качества (СМК) с позиции риск-ориентированного подхода и анализа среды функционирования при выборе авиатранспортных услуг.

3. Математическая модель технологического процесса прессования детали на основе регрессионного анализа и разработка универсального алгоритма системы применения статистических методов позволят повысить эффективность управления несоответствующей продукцией и обеспечить снижение количества брака, вызываемого известными и малоизученными

причинами для выпуска комплектующих изделий, изготавливаемых методом прессования из разнообразных по физико-химическому составу материалов, применяемых в различных отраслях промышленности.

Библиографический список

- Бадяев И. В. Управление несоответствующей продукцией при проектировании технологических объектов / И. В. Бадяев, В. М. Давыдов // Качество в производственных и социально-экономических системах: сборник научных трудов 4-й Международной научно-технической конференции, 2016. С. 51-54.
- Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., 1962. 564 с.
- Гирилович Н. В. Применение статистических методов при анализе несоответствий несоответствующей продукции в процессе производства / Н. В. Гирилович, Г. В. Довгополая // Литье и металлургия. 2021. № 3. С. 40-45.
- Егоров М. К. Анализ причин появления несоответствующей продукции на примере диаграммы Исикавы // Проблемы и перспективы развития России: сборник статей, 2019. С. 55-58.
- Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.
- Калита П. Я. Мир качества. Деловая лирика и публицистика М.: ООО «СОЮЗСЕРТ»; Изд. «Эко-Пресс», 2014. 376 с.
- Кендалл М. Д. Статистические выводы и связи / М. Д. Кендалл, А. Стьюарт. М., 1973. 466 с.
- Кимличенко Н. В. Статистические методы для анализа процесса управления несоответствующей продукцией / Н. В. Кимличенко, Д. А. Золотухина, М. С. Яговкин // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: сборник статей, 2015. С. 51-52.
- Легезина Г. И. Применение диаграммы Парето для контроля за несоответствующей продукцией // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 45. № 3. С. 113-116.
- Логинова И. В. Анализ процесса управления несоответствующей продукцией / И. В. Логинова, Е. Г. Магарина // Радиоэлектронная техника. 2018. № 1 (11). С. 201-205.
- Методические указания. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов. РДМУ 109-77. М., Издательство стандартов, 1978. 63 с.
- Поводырева М. С. Учет брака и потерь, связанных с выпуском продукции, несоответствующей стандартам качества // Известия Исык-Кульского форума бухгалтеров и аудиторов стран Центральной Азии. 2013. № 2 (2). С. 114-118.
- Попрушко Е. Ю. Анализ процесса управления несоответствующей продукцией на ЗАО «КЭАЗ» / Е. Ю. Попрушко, С. В. Ходыревская // Качество в производственных и социально-экономических системах: сборник статей, 2014. С. 243-247.
- Херсонский Н. С. Статистические методы в задачах менеджмента разработки, проектирования, производства и обслуживания изделий различного назначения / под редакцией Матеевича Б. В. Жаринова Ю. Б. М.: «Эко-Пресс», 2011. 336 с.

References

- Badyaev I. V., Davydov V. M. Control of nonconforming products in designing technological objects. *Kachestvo v proizvodstvennyh i social'no-ekonomicheskikh sistemah: sbornik nauchnykh trudov 4-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*. 2016, pp. 51-54. (In Russian)
- Egorov M. K. Analysis of causes of nonconforming products on an example of Ishikawa chart. *Problemy i perspektivy razvitiya Rossii: sbornik statej*. 2019, pp. 55-58. (In Russian)
- Girilovich N. V., Dovgopolaya G. V. (2021) Application of statistical methods for analysis of nonconforming products in the production process. *Lit'e i metallurgiya*, (3), 40-45. (In Russian)

- Hersonskij N. S.* Statistical methods in tasks of management of developing, designing, producing and serving products of different purpose. Moscow, 2011. 336 p. (In Russian)
- Kalita P. YA.* The world of quality. Business lyrics and journalism. Moscow, 2014. 376 p. (In Russian)
- Kendall M. D., St'yuart A.* Statistical conclusions and connections. Moscow, 1973. 466 p. (In Russian)
- Kimlichenko N. V., Zolotuhina D. A., YAgovkin M. S.* Statistical methods for analysis of controlling nonconforming products. *Tradicionnaya i innovacionnaya nauka: istoriya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy: sbornik statej.* 2015, pp. 51-52. (In Russian)
- Legezina G. I.* (2019) Application of Pareto chart for controlling nonconforming products. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti.* 45 (3), 113-116. (In Russian)
- Loginova I. V., Magarina E. G.* (2018) Analysis of controlling nonconforming products. *Radioelektronnaya tekhnika.* 1 (11), 201-205. (In Russian)
- Metodicheskie ukazaniya. Metodika vybora i optimizacii kontroliruemyh parametrov tekhnologicheskikh processov.* RDMU 109-77. M., Izdatel'stvo standartov, 1978. 63 p. (In Russian)
- Povodyreva M. S.* (2013) Account of defects and losses related to outcome of nonconforming products. *Izvestiya Issyk-Kul'skogo foruma buhgalterov i auditorov stran Central'noj Azii.* 2(2), 114-118. (In Russian)
- Poprushko E. YU., Hodyrevskaya S. V.* Analysis of controlling nonconforming products at ZAO «KEAZ». *Kachestvo v proizvodstvennyh i social'no-ekonomicheskikh sistemah: sbornik statej,* 2014, pp. 243-247. (In Russian)
- Ventcel' E. S.* Probability theory. Moscow, 1962. 564 p. (In Russian)
- Zaks L.* Statistical estimation. *Statistika.* Moscow, 1976. 598 p. (In Russian)