

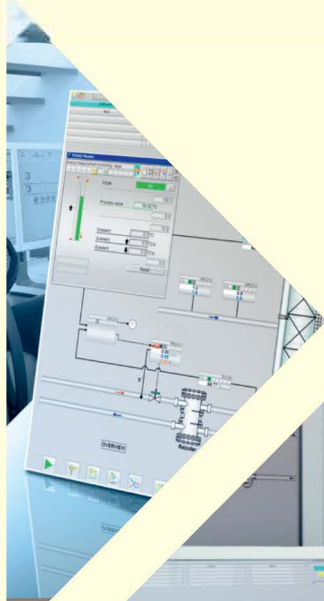
ISSN online 2658-6436

№ 1 (1)
2018

Научно-технический журнал

Автоматизация и моделирование

в проектировании и управлении



АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ



В проектировании и управлении

Издается с 2018 года

№ 1(01), 2018

Сетевое издание

Выходит 1 раз в квартал

Учредитель издания – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный технический университет» (БГТУ)

Председатель редакционного совета - **Сигов А.С.**, д-р. физ. мат. наук, проф., академик РАН

Заместитель председателя редакционного совета – **Аверченков А.В.**, д-р. тех. наук, доц.

Заместитель председателя редакционного совета – **Федонин О.Н.**, д-р. тех. наук, проф.

Бобырь М.В., д-р. тех. наук, проф. (Курск)

Бочкарев П.Ю., д-р. тех. наук, проф. (Саратов)

Долгов Ю.А., д-р. тех. наук, проф. (Тирасполь)

Еременко В.Т., д-р. тех. наук, проф. (Орел)

Ивашук О.А., д-р. тех. наук, проф. (Белгород)

Карпенко А.П., д-р. физ. мат. наук, проф. (Москва)

Квятковская И.Ю., д-р. тех. наук, проф. (Астрахань)

Кравец А.Г., д-р. тех. наук, проф. (Волгоград)

Курейчик В.В., д-р. тех. наук, проф. (Таганрог)

Ланцов В.Н., д-р. тех. наук, проф. (Владимир)

Носков С.И., д-р. тех. наук, проф. (Иркутск)

Пестер А., д-р. тех. наук, проф. (Австрия)

Петрешин Д.И., д-р. тех. наук, проф. (Брянск)

Подвесовский А.Г., канд. тех. наук, проф. (Брянск)

Пылькин А.Н., д-р. тех. наук, проф. (Рязань)

Скрыпников А.В., д-р. тех. наук, проф. (Воронеж)

Соснин П.И., д-р. тех. наук, проф. (Ульяновск)

Феофанов А.Н., д-р. тех. наук, проф. (Москва)

Хейфец М.Л., д-р. тех. наук, проф. (Белорусь)

Чепчуров М.С., д-р. тех. наук, проф. (Белгород)

Шептунов С.А., д-р. тех. наук, проф. (Москва)

Ярушкина Н.Г., д-р. тех. наук, проф. (Ульяновск)

Редколлегия

Главный редактор – **Аверченков В.И.** д-р. тех. наук, проф.

Зам. главного редактора – **Подвесовский А.Г.** канд. тех. наук

Ответственный секретарь – **Кузьменко А.А.** канд. биол. наук

Корректор – **Малюкина А.Ю.**

Адрес редакции:

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
тел.: (4832) 56-49-90

Адрес размещения: <https://aimpu.ru>

E-mail: aim-pu@mail.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-73848 от 05 октября 2018 года

ISSN 2658-6436 (online)

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис Crossref

Журнал публикует основные результаты научных исследований по специальностям:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

05.13.12 – Системы автоматизации проектирования

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

AUTOMATION AND MODELING

SCIENTIFIC TECHNICAL
JOURNAL



in design and management

Issued since 2018

№ 1(01), 2018

Online edition

Published once a quarter

The founder of the publication – the Federal state budgetary
educational institution of higher education
«**Bryansk State Technical University**» (BSTU)

Chairman of Editorial Board – **Sigov A.S.**, D. Phys.-Mat., Professor, Academician of RAS
Deputy Chairman of Editorial Board – **Averchenkov A.V.**, D. Eng., Associate professor
Deputy Chairman of the editorial Board – **Fedonin O.N.** D. Eng., Professor

M.Yu. Bobyr, D. Eng., Prof., (Kursk)
P.Yu. Bochkaryov, D. Eng., Prof., (Saratov)
Yu.A. Dolgov, D. Eng., Prof., (Tiraspol)
V.T. Yeremenko, D. Eng., Prof., (Orel)
O.A. Ivashchuk, D. Eng., Prof., (Belgorod)
A.P. Karpenko, D. Phys.-Mat., Prof., (Moscow)
I.Yu. Kvyatkovskaya, D. Eng., Prof., (Astrakhan) **A.G. Kravets**, D. Eng., Prof., (Volgograd)
V.V. Kureichik, D. Eng., Prof., (Taganrog)
V.N. Lantsov, D. Eng., Prof., (Vladimir)
S.Yu. Noskov, D. Eng., Prof., (Irkutsk)

A. Pester, D. Eng., Prof., (Austria)
D.I. Petreshin, D. Eng., Prof., (Bryansk)
A.G. Podvesovskiy, Can. Eng., (Bryansk)
A.N. Pylkin, D. Eng., Prof., (Bryansk)
A.V. Skrypnikov, D. Eng., Prof., (Voronezh)
P.I. Sosnin, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)
A.N. Feofanov, D. Eng., Prof., (Moscow)
M.L. Kheifets, D. Eng., Prof., (Minsk, Belarus)
M.S. Chepchurov, D. Eng., Prof., (Belgorod)
S.A. Sheptunov, D. Eng., Prof., (Moscow)
N.G. Yarushkina, D. Eng., Prof., (Ulyanovsk)

Editorial board

Editor-in-Chief – **Averchenkov V.I.** D. Eng., Prof.,
Deputy Editor-in Chief – **Podvesovskiy A.G.** Can. Eng.
Executive Secretary – **Kuzmenko A.A.** Can. Biol. Sc.
Corrector – **Maliukina A.Yu.**

Address of edition 7, 50 Ye ars of Q tobe r Ave nue ,
Bryansk, Russia, 241035
тел.: (4832) 56-49-90
Accommodation address: <https://aimpu.ru>
E-mail: aim-pu@mail.ru

The Journal is registered by the Federal
Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications
of Russian Federation (ROSKOMNADZOR).
Registration certificate Эл № ФС77-73848 of October 05, 2018

ISSN 2658-6436 (online)

Journal is included in a specialized consultant bibliographical service Crossref

Reprinting, all kinds of material copying and reproduction of materials published in the journal “Automation and modeling in design and management” is allowed only with the Editorial Board’s permission and a reference to the source of information

© Bryansk State Technical University, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ**

**Mathematical modeling,
numerical methods
and program complexes**

**Гарбузник Е.С., Сташкова О.В., Шестопап О.В.,
Козак Л.Я.** Оценка статистических характеристик
математической модели методом Пугачева 4
Коростелёв Д.А., Зимин С.Н. Математическое и 12
программное обеспечение поддержки принятия
решений в ходе набора абитуриентов в вуз

**Garbuznyak E.S., Stashkova O.V., Shestopal O.V.,
Kozak L.Ya.** Estimation of statistical characteristics
of the mathematical model by Pugachev's method
Korostelyov D.A., Zimin S.N. The software of
decision support making during enrollment of entrants
in higher education institution

**Управление в социальных
и экономических системах**

**Management in social
And economic systems**

Гулевитский А.Ю., Курлов А.В. Разработка базы 21
данных управления инновационной деятельностью
промышленного предприятия

Gulevitsky A. Yu., Kurlov A.V. Database
development of the management innovative activity in
the industrial enterprise

Помогаева К.Ю. Определение факторов, 28
влияющих на продуктивность нового поколения
специалистов (на примере маркетинговой команды
представителей поколения Z)

Pomogaeva K.Yu. Determining the factors affecting
the productivity of specialists of a new generation (on
the example of the marketing team of the
representatives of the generation Z)

**Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами, системы
автоматизации проектирования**

**Automation and control of technological
processes and production,
automated design systems**

Семенова Е.Г., Чабаненко А.В. Анализ и синтез 33
организационно-технических решений при
аддитивном производстве

Semenova E.G., Chabanenko A.V. Analysis and
synthesis of organizational-technical solutions in
additive manufacturing

Ягодкин М.В. Автоматизация механической 42
обработки резьбовых отверстий сверхмалых
диаметров

Yagodkin M.V. Automation of machining of threaded
holes of ultra-small diameters

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК:519.711

DOI: 1030987/article_5bfd98c46c9ec9.95927169

Е.С. Гарбузьяк, О.В. Сташкова, О.В. Шестопад, Л.Я. Козак

ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ ПУГАЧЕВА

В статье рассмотрено современное состояние исследуемой задачи, описан используемый алгоритм решения задачи по методу коррелированных процессов, проведен обзор других методов решения подобных задач, а также приведено описание инструментов, с помощью которых был разработан программный продукт; детально описываются дополнительные ресурсы, используемые при разработке программного продукта, приводится его конечная структура и описание пользовательских классов и методов; содержатся результаты тестирования и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: статистические оценки; метод коррелированных процессов; метод Пугачёва.

E.S. Garbuznyak, O.V. Stashkova, O.V. Shestopal, L.Y. Kozak

ESTIMATION OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE MATHEMATICAL MODEL BY PUGACHEV'S METHOD

The purpose and objectives of the study determined the structure of the article. It consists of an introduction, two sections, a conclusion, a list of references and an appendix.

The first section is considered with the current state of the problem under study, describes the algorithm used to solve the problem using the method of correlating processes, reviews other methods for solving similar problems, and describes the tools used to develop the software product.

The second section is devoted to the development of a software product. It describes in more detail the additional resources used in the development, the final structure of the software product and a description of the user classes and methods.

Also, the second section contains the results of testing and analysis of the results. The conclusion contains the results of the work done, the features of the developed software product are described, practical value and prospects are indicated.

Keywords: statistical assessments; method of correlating processes; method of Pugachev.

Введение

В связи с усложнением современных технических систем, повышением требований к ним существует практическая потребность в повышении надёжности проектных и поверочных расчётов. Проблема учёта погрешности исходных данных задачи является одной из наиболее актуальных, что объясняется необходимостью эффективного получения статистических оценок вероятностных характеристик с заданной точностью, а также с минимальными потерями машинного времени.

Объект исследования – получение статистических оценок вероятностных характеристик с заданной точностью.

Предмет исследования – использование метода коррелированных процессов для сокращения времени на получение статистических оценок.

Целью исследования является разработка программного продукта, реализующего оценку статистической характеристики математической модели методом Пугачёва.

1. Современное состояние исследуемой задачи

Из классических методов, позволяющих при соответствующих условиях учитывать погрешность параметров модели, оптимальным является метод малого параметра. Точность этого метода существенно зависит от величины погрешности исходных данных. Другим его недостатком является отсутствие гарантий достоверности результатов вычислений.

Относительно новым подходом к решению рассматриваемой проблемы является применение двусторонних и интервальных методов [2, 6, 7]. Однако известные интервальные методы являются эффективными только в тех случаях, когда погрешность модели достаточно мала.

Описываемый в [5] подход основан на использовании вариационного принципа. Он может применяться как в случае систем с сосредоточенными, так и с распределенными параметрами, и накладывает существенно меньшие ограничения на величину неустранимой погрешности.

Перечисленные методы позволяют решить лишь одну из задач теории допусков, а именно, задачу расчёта так называемого «наихудшего случая». Кроме того, интервальные методы неэффективны при решении стохастических задач, в которых случайные параметры имеют большие дисперсии.

Более широкими возможностями обладают методы статистического моделирования (Монте-Карло), которые широко используются на практике [1, 2, 3, 8]. Однако их применение часто приводит к большим затратам машинного времени. Это связано с тем, что при использовании методов Монте-Карло приходится многократно решать одну и ту же задачу, но при разных значениях исходных данных.

Для сокращения времени на получение статистических оценок вероятностных характеристик с заданной точностью предложено много методов: метод расслоенной выборки, метод существенной выборки, метод коррелированных процессов, метод выборки с «оценкой по отношению», метод случайных квадратурных формул, метод выделения главной части [2, 3, 8]. В основном повышение эффективности в этих методах достигается за счёт понижения дисперсии статистической оценки. В методе расслоенной выборки повышение точности оценки достигается за счёт выбора наибольшего числа случайных величин из тех областей пространства значений случайных величин, где результаты моделирования имеют наибольший разброс. При реализации расслоенной выборки пространство значений случайных величин разбивается на несколько попарно непересекающихся подмножеств (слоёв) и из каждого слоя берется простая случайная выборка фиксированного объёма. Использование специального вида функции для вычисления вероятностной характеристики позволяет гарантировать несмещённость её оценки, а объёмы выборок в слоях определяются так, чтобы обеспечить дисперсию оценки, меньшую, чем при простой случайной выборке.

Метод существенной выборки близок к методу расслоенной выборки, но здесь выбор точек регулируется не заданием числа точек в областях, а специальной функцией плотности вероятностей.

Одним из универсальных подходов к уменьшению дисперсии оценок является метод случайных квадратурных формул, представляющий собой обобщение обычного метода Монте-Карло.

Выборка с «оценкой по отношению» так же, как и корреляционная выборка, требует для своей реализации функцию, хорошо аппроксимирующую оператор исходной модели с известными значениями вероятностных характеристик.

Эффективность ряда вариантов метода расслоенной выборки также существенно зависит от «близости» упрощённой и исходной модели исследуемого процесса.

Таким образом, технология наиболее употребительных методов ускорения статистического моделирования предполагает построение некоторой упрощённой модели.

Это требует учёта множества особенностей, с которыми приходится иметь дело при решении задач из конкретных предметных областей.

Рассмотрим метод коррелированных процессов применительно к задачам статистического моделирования технологических процессов с приближённо заданными или случайными параметрами.

2. Обзор методов решения подобных задач

2.1. Общее описание методов

Теоретические основы методов статистического моделирования сводятся к одному базовому положению математической статистики – теореме Хинчина. Принцип статистического моделирования заключается в том, чтобы нивелировать случайность (как категорию чисто статическую) за счёт проведения большого количества опытов и определить таким образом искомую величину с той или иной степенью уверенности.

Для определения количественных характеристик следует опираться на центральную предельную теорему, согласно которой случайная величина $\bar{x}_n = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n}$ распределена по нормальному закону с математическим ожиданием, равным математическому ожиданию величины x и дисперсией $D_{\bar{x}_n} = \frac{\sigma_{x_n}^2}{n}$.

Количество опытов, необходимое для достижения заданной погрешности с заданной доверительной вероятностью при прямом статистическом моделировании:

$$N_{\text{треб}} = \frac{\alpha_{\text{дов}}^2}{\varepsilon_{\text{доп}}^2}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{дов}}$ – доверительный интервал; $\varepsilon_{\text{доп}}$ – допустимая погрешность.

Модель исследуемой системы задается в виде системы уравнений:

$$X_i = X(V), i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

где $V = (V_1, V_2, \dots, V_m)$ – вектор случайных параметров; m – их количество; n – число опытов при статистическом моделировании.

Таким образом, задача статистического моделирования сводится к оценке математического ожидания $m_x = M[X(V)]$.

Для сокращения количества проводимых экспериментов применяются различные методы, некоторые из которых, описанные ниже.

2.2. Метод выделения главной части

Решение системы $X(V)$, которое, возможно, не может быть найдено аналитически, заменяют приближенным выражением $Y(V)$, удобным для аналитических преобразований.

Вводится новая переменная $Z(V) = X(V) - Y(V)$ и в системе уравнений (2) выполняется замена переменной X на Z путём следующей подстановки: $X(V) = Z(V) + Y(V)$.

Оценка искомого математического ожидания определяется в виде $m_x = M[Y(V)] + M[Z(V)]$, где первое слагаемое может быть найдено аналитически, а второе определяется по методу статистического моделирования. При удачном выборе функции $Y(V)$ дисперсия случайной величины $Z(V)$ может оказаться существенно меньше, чем дисперсия $X(V)$, что и приведёт к сокращению требуемого количества опытов.

2.3. Метод выборки по группам

В соответствии с данным методом область G возможных значений случайного вектора разбивается на K непересекающихся областей G_k : $G = G_1 \cup G_2 \cup \dots \cup G_k \cup \dots \cup G_K$.

Метод предполагает проведение статистического моделирования для каждой из областей G_k с использованием вектора случайных параметров плотностей распределения

вероятностей:

$$f_{V^{(k)}}(V) = \frac{f_V(V)}{p_k} \quad (3)$$

где $f_V(V)$ – плотность распределения вероятности на всей области определения вектора V ; $f_{V^{(k)}}(V)$ – плотности распределения отдельных слоёв; p_k – вероятность попадания случайного вектора V в область G_k .

Для каждой области определяется оценка математического ожидания и дисперсия оценки как усреднение значения математических ожиданий всех областей.

3. Описание применяемого алгоритма

Обозначим через λ искомый n -мерный вектор вероятностных характеристик исходной системы, а через μ m -мерный вектор вероятностных характеристик упрощённой системы: $\lambda = M[R]$; $\mu = M[S]$, где $M[\dots]$ – математическое ожидание величины, входящей в скобки; R и S – n - и m -мерные векторы, компоненты которых представляют собой некоторые функции от значений процессов соответственно в исходной и упрощённой системах.

Предположим, что с исходной и упрощённой системами проведено в одинаковых условиях N независимых между собой вычислительных экспериментов по методу Монте-Карло. Статистические значения λ^* и μ^* векторов λ и μ , найденные по этим N экспериментам, будут равны:

$$\lambda^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_j; \quad (4)$$

$$\mu^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j. \quad (5)$$

Не нарушая общности, будем считать, что эксперименты с одинаковыми внешними воздействиями на исходную и упрощённую системы имеют одинаковый номер, т.е. значения R_j и S_j получены при одних и тех же воздействиях.

Предполагается, что точное значение вектора μ вероятностных характеристик упрощённой системы может быть найдено аналитически или каким-либо подходящим приближённым методом, но с высокой точностью (например, при помощи однофакторной модели исходной системы).

Метод коррелированных процессов основан на оптимальной оценке λ_0 вектора λ по значениям векторов λ^* , μ^* и μ , для чего отыскивается оценка вероятностных характеристик исходной системы по статистическим значениям вероятностных характеристик исходной и упрощённой системы. Таким образом, при статистическом моделировании используются результаты аналитического упрощённого исследования [8]. Искомая оценка имеет вид:

$$\lambda_{i0} = \lambda_i^* - K_{R_i S} K_{SS}^{-1} (\mu^* - \mu), \quad (6)$$

где $\lambda_i^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{ij}$; $K_{R_i S} = M[R_i(S - \mu)^T]$; $K_{SS} = M[(S - \mu)(S - \mu)^T]$,

λ_{i0} и λ_i^* – i -е компоненты векторов λ_0 и λ^* соответственно; R_{ij} – i -я компонента вектора R_j .

Разность $\mu^* - \mu$ равна статистической ошибке в определении вектора μ , которую удаётся найти благодаря знанию точного или практически точного значения μ этого вектора.

Величина $K_{R_i S} K_{SS}^{-1} (\mu^* - \mu)$ представляет собой значение ошибки, пересчитанное для величины λ_i^* с учётом корреляционной связи λ_i^* и μ^* . Для получения оценки λ_{i0} это пересчитанное значение ошибки вычитается из статистического значения λ_i^* величины λ_i . В результате оценка λ_{i0} получается более точной, чем статистическое значение λ_i^* .

Оценка каждой из компонент вектора λ может быть произведена независимо от оценки других компонент.

Для практического использования формулы (6) необходимо знать корреляционные матрицу-строку $K_{R_i S}$ и матрицу K_{SS} .

Так как упрощённая система может исследоваться аналитическим или во многих случаях экономичным приближенным методом (по крайней мере для определения вектора μ), то возможно экономичное вычисление аналитическим или приближенным методом и с высокой точностью значения корреляционной матрицы K_{SS} . Однако в некоторых случаях определение K_{SS} может оказаться затруднительным. При этом вместо K_{SS} можно найти её статистическое значение K_{SS}^* , вычисленное по тем же N экспериментам, по которым были найдены λ^* и μ^* , т.е. по формуле $K_{SS}^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (S_j - \mu)(S_j - \mu)^T$.

Исходная система не поддается аналитическому исследованию, поэтому вместо корреляционной матрицы-строки $K_{R_i S}$ можно найти только её статистическое значение $K_{R_i S}^*$ по формуле $K_{R_i S}^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (R_j - \mu)(S_j - \mu)^T$.

Важным моментом является построение приближенной модели. Как правило, это достигается посредством линеаризации или уменьшения детальности, числа факторов и т.п. исходной модели.

4. Разработка программного продукта

Для разработки программного продукта был выбран язык программирования *Python*, который является мощным инструментом для создания программ самого разнообразного назначения. Платформой для реализации программного продукта стала *PyCharmCommunity*.

Структура программного продукта представлена несколькими Python-пакетами и несколькими скриптами:

- пакет виртуального окружения *env*;
- пакет *forms*;
- пакет *lib*;
- скрипт *main.py*;
- скрипт *main_console.py*.

Кроме этого, программный продукт содержит некоторые служебные файлы и папки, не влияющие на работу программы, но использованные для контроля версий или настроек проекта.

Исходными данными для работы программы являются две матрицы выборок: малой и большой, расположенные на листе *Microsoft Excel* формата **.xls*. Для корректной работы программ необходимо указать положение матриц на листе, поскольку один лист может содержать не только данные, но и описательную информацию, которая не используется в расчётах. Кроме того, необходимо задать диапазон ячеек для записи результатов вычислений, представляющие собой вектор значений.

В результате работы программного продукта получается файл формата **.xls*, который представляет собой копию исходного файла с дописанным вектором результата в указанную ячейку.

5. Основные скрипты программы и виртуального окружения

Скрипты *main.py* и *main_console.py* используются для запуска программного продукта. Скрипт *main.py* инициализирует интерфейс программного продукта и передаёт ему управление работой программы, а скрипт *main_console.py* используется в частности для отладки. Виртуальное окружение позволяет хранить только те модули и библиотеки, которые используются данным проектом. В данном случае каталог *env* хранит копию

интерпретатора *Python*, менеджер пакетов *pip* 8.1.1, а также все дополнительные модули и библиотеки, от которых зависит данный проект.

Графический пользовательский интерфейс реализован в среде *QtDesigner*, а затем компилировался в файлы с кодом *Python*. Его реализация в структуре программного продукта представлена пакетом *forms*.

Файл *mainform.py* представляет собой скомпилированный класс формы *mainform.ui* и реализует интерфейс программного продукта (рис. 1).

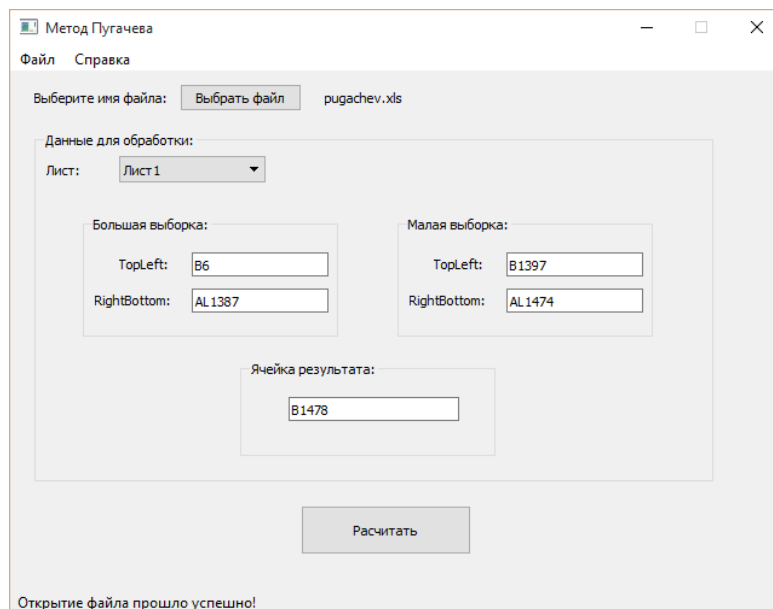


Рис. 1. - Главная форма с выбранным именем файла

Реализация логики программы и непосредственно метода Пугачёва осуществлена в пакете *lib*. Этот пакет содержит 3 файла: *__init__.py*, *functions.py*, *io.py*.

Файл *__init__.py* является инициализирующим пакет. Также в нём находится реализация главного фасадного класса *PugachevMethod*.

Остальные файлы пакета (*functions.py* и *io.py*) используются классом *PugachevMethod*. Файл *functions.py* содержит вспомогательные функции, не относящиеся к классам. Файл *io.py* содержит класс *ExcelManager*, который отвечает за считывание и запись данных в файлы **.xls*. Класс *PugachevMethod* использует функционал класса *ExcelManager* для получения и возвращения данных.

Всего реализовано три класса:

- *ExcelManager*: реализует ввод/вывод данных из файла **.xls*.
- *PugachevMethod*: реализует работу алгоритма для внешних интерфейсов.
- *UiMainWindowRealization* содержит реализацию действий, происходящих на форме графического интерфейса.

6. Тестирование программного продукта и анализ полученных результатов

В результате тестирования программного продукта были сделаны следующие выводы:

1. Наиболее точный результат достигается при обработке квадратных матриц.
2. Для получения актуального значения данного коэффициента требуется брать более семи значений для вычисления μ^* . В результате для вычисления вышеуказанного коэффициента был реализован ввод дополнительной матрицы, с использованием которой будет осуществляться расчет μ^* .

При тестировании на различных операционных системах проблем не выявлено, что связано с использованием такого инструмента реализации, как язык программирования

Python.

Тестирование проводилось на наборе статистических данных, полученных в ходе многофакторного неустойчивого технологического процесса. Таблица 1 и таблица 2 содержат матрицы R и S , компоненты которых представляют собой некоторые функции от значений процессов соответственно в исходной и упрощённой системах.

Таблица 1 - Фрагмент исходной R -матрицы

№	Par1	Par2	Par3	Par4	Par5	Par6	Par7	Par8	...	Par36	Y
1	9,80	139,19	115,1	1595	1012	54	44	698		1746,3	77,96
2	11,62	139,19	127,9	1578	891	55	45	780		1747,6	79,39
3	15,70	138,26	103,8	1641	1203	117	44	919		1760,8	74,32
4	14,58	141,00	113,7	1628	981	54	45	755		1628,0	87,56
5	14,30	145,52	130,8	1636	1154	75	49	950		1759,8	84,06
6	15,20	137,76	105,2	1652	1332	51	43	756		1759,2	81,87
		
1375	15,00	140,17	116,6	1624	1211	55	48	682		1758,5	79,64

Таблица 2 - Фрагмент исходной S -матрицы

№	Par1	Par2	Par3	Par4	Par5	Par6	Par7	Par8	...	Par36	Y
1	8,38	138,76	114,69	1465,62	1135,79	51,18	44,77	699,17		1723,74	72,06
2	8,61	140,50	114,35	1457,64	1138,06	52,28	42,57	629,97		1732,49	72,72
3	8,84	138,06	116,36	1470,50	1140,32	53,37	44,05	720,30		1777,45	73,37
4	9,07	138,23	114,79	1469,71	1142,59	54,46	45,45	798,00		1729,95	74,03
5	9,30	140,93	111,23	1497,01	1144,86	55,55	43,98	665,44		1688,25	74,69
6	9,53	138,10	115,99	1497,24	1147,13	56,64	44,49	703,94		1736,32	75,35
7	9,76	140,95	115,57	1509,93	1149,39	57,73	43,44	638,71		1757,53	76,00
...									...		
78	10,45	142,53	115,53	1495,51	1138,06	50,09	45,07	691,79		1729,48	72,72

Средствами разработанного программного продукта рассчитаны искомый вектор вероятностных характеристик исходной системы λ и вектор вероятностных характеристик упрощённой системы μ . Статистические значения λ^* и μ^* векторов λ и μ , найденные по этим 78 экспериментам, будут равны (табл. 3).

Таблица 3 - Полученные оценки вероятностных характеристик

№	Par1	Par2	Par3	Par4	Par5	Par6	Par7	Par8	...	Par36	Y
μ^*	5,18	137,00	117,06	1645,54	1235,67	59,98	46,81	694,03	...	1752,5	78,03
λ^*	11,61	138,98	115,42	1476,48	1131,75	58,19	44,69	701,87		1740,76	77,90

Выводы

Существенным преимуществом метода является то, что даже если приближённая модель весьма неточна, точность статистического метода будет не хуже, чем при применении обычного метода Монте-Карло. Для повышения точности расчёта необходимо, чтобы существовала корреляция между оцениваемыми параметрами исходной и приближённой моделей.

В качестве основного недостатка метода в [3] отмечается существование систематической ошибки при статистической оценке параметров.

Практическая ценность разработанного программного продукта состоит в том, что он может быть использован для сокращения количества экспериментов в процессе получения адекватной модели.

Список литературы:

1. Беляков Ю.Н., Курмаев Ф.А., Баталов Б.В. Методы статистических расчетов микросхем на ЭВМ. М.: Радио и Связь, 1985. 232 с.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1973. 632 с.
3. Васильев Д.В., Сабинин О.Ю. Ускоренное статистическое моделирование систем управления. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. 136 с.
4. Гехер К. Теория чувствительности и допусков электронных цепей. М.: Сов. Радио, 1973. 200 с.
5. Пугачёв В.Н. Комбинированные методы определения вероятностных характеристик. М.: Сов.радио, 1973. 256 с.
6. SCI-ARTICLE // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1492627101>.

References:

1. Belyakov Yu.N., Kurmaev F.A., Batalov B.V. (1985). Methods of statistical computing of microcircuits on a computer. Moscow: Radio and Communication. [in Russian language]
2. Bakhvalov N.S.(1973). Numerical methods. Moscow: Nauka. [in Russian language]
3. Vasiliev DV, Sabinin O.Yu. (1987) Accelerated statistical modeling of control systems. Leningrad: Energoatomizdat. [in Russian language]
4. Geher K. (1973). Theory of sensitivity and tolerances of electronic circuits. Moscow: Sov. Radio. [in Russian language]
5. Pugachev V.N. (1973). Combined methods for determining probabilistic characteristics. Moscow: Sov. Radio. [in Russian language]
6. SCI-ARTICLE. Available at: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1492627101>. [in Russian language]

*Статья поступила в редколлегию 31.01.18.
Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Подвесовский А.Г.
Статья принята к публикации 07.09.18*

Сведения об авторах:

Гарбузняк Елена Сергеевна

Ст. преподаватель
Филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице
тел.: 00373-555-23912
E-mail: goldfenix@mail.ru

Сташкова Ольга Витальевна

Ст. преподаватель
Филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице
тел.: 00373-555-23912
E-mail: stashkova.ola@mail.ru

Шестопад Оксана Викторовна

Ст. преподаватель
Филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице
тел.: 00373-555-23912
E-mail: oksanashes@gmail.com

Козак Людмила Ярославовна

Кандидат технических наук, доцент
Филиал Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице
тел.: 00373-555-4-39-21
E-mail: Ludmilayaroslavovna@gmail.com

Information about authors:

Garbuznyak Elena

senior lecturer
Rybnitsa branch of Pridnestrovian Shevchenko State University
phone.: 00373-555-23912
E-mail: goldfenix@mail.ru

Stashkova Olga

senior lecturer
Rybnitsa branch of Pridnestrovian Shevchenko State University
phone.: 00373-555-23912
E-mail: stashkova.ola@mail.ru

Shestopal Oksana

senior lecturer
Rybnitsa branch of Pridnestrovian Shevchenko State University
phone.: 00373-555-23912
E-mail: oksanashes@gmail.com

KozakLudmila

Candidate of technical sciences, principal lecturer
Rybnitsa branch of Pridnestrovian Shevchenko State University
phone.: 00373-555-4-39-21
E-mail: Ludmilayaroslavovna@gmail.com

УДК: 004.9:378.1:519.854.33

DOI: 1030987/article_5bfd98c4da31b1.20111431

Д.А. Коростелёв, С.Н. Зимин

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ХОДЕ НАБОРА АБИТУРИЕНТОВ В ВУЗ

В статье рассмотрена проблема повышения эффективности набора абитуриентов. Приведено формальное описание задачи максимального заполнения бюджетных мест и максимизация среднего балла абитуриентов, поступающих на эти места, а также математического и программного обеспечения поддержки принятия решения, позволяющее решать эту задачу. Приведены рекомендации по использованию представленного математического и программного обеспечения.

Ключевые слова: набор абитуриентов в вуз, поддержка принятия решений, математическое и программное обеспечение, бинарное программирование.

D.A. Korostelyov, S.N. Zimin

THE SOFTWARE OF DECISION SUPPORT MAKING DURING ENROLLMENT OF ENTRANTS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION

The article deals with the problem of increasing the efficiency of recruitment of applicants. A formal description of the task of maximally filling budget places and maximizing the average score of applicants entering these places, as well as the decision support software, allows to solve this problem. The recommendations on the use of the presented software are given.

Key words: admission to university, decision support, software, binary programming.

Введение

Перед многими современными вузами РФ стоит задача качественного набора абитуриентов. Для этих целей вузы постоянно проводят профориентационную работу, осуществляют планирование набора абитуриентов и организуют приёмную кампанию в рамках действующего законодательства РФ [1]. В ходе приёмных кампаний в последние годы большинство вузов сталкивается с проблемами, связанными с набор абитуриентов, в частности с заполнением бюджетных мест. Вызвано это демографическими проблемами в РФ в 90-х годах XX века, высокой конкуренцией между вузами, а также порой недостаточно эффективной профориентационной работой [2].

Ежегодно для организации набора студентов и приёма документов поступающих, а также проведения вступительных испытаний и зачисления в состав студентов лиц, прошедших по конкурсу, в вузах организуется приёмная комиссия. Приёмная комиссия, в свою очередь, обеспечивает соблюдение прав граждан на образование, установленных Конституцией Российской Федерации, гласность и открытость проведения всех процедур приёма.

Целью приёмной комиссии является организация процесса формирования контингента студентов из числа наиболее способных и подготовленных лиц. Для достижения этой цели приёмная комиссия взаимодействует с подразделениями вуза, разрабатывает предложения и проводит согласованные организационные мероприятия, направленные на обеспечение набора в вуз [3]. Одними из ключевых задач приёмной комиссии являются максимальное заполнение бюджетных мест и максимизация среднего балла абитуриентов, поступающих на эти места.

Эффективность решения этих задач отчасти зависит от действий сотрудников приёмной комиссии, которые на основе своего опыта и указаний руководства способны

посоветовать сменить абитуриентам приоритеты выбираемых направлений в своих заявлениях. К сожалению, эти рекомендации ничем, кроме интуиции и опыта сотрудников приёмной комиссии не подкреплены, а значит, в этом случае нельзя говорить о том, что найдены оптимальные решения для формирования рекомендаций абитуриентам. Повысить объективность формирования подобных рекомендаций можно достичь за счёт применения соответствующего математического и программного обеспечения поддержки принятия решений. В настоящее время не существует специализированных программных систем, решающих указанные задачи. Поэтому разработка таких систем поддержки принятия решений для сотрудников приёмной комиссии в ходе набора абитуриентов, а также разработка соответствующего математического обеспечения, является актуальной проблемой, решение которой рассматривается в данной работе.

1. Постановка задачи

Формально задачу максимального заполнения бюджетных мест и максимизация среднего балла абитуриентов, поступающих на эти места можно описать следующим образом.

Имеется n направлений подготовки образующих множество $N = \{N_i\}$. Будем считать, что $b_i(t)$ – это количество бюджетных мест на i -е направление подготовки в момент времени t , $M(t)$ – множество всех подавших заявления абитуриентов к моменту времени t , а $M_i(t)$ – множество абитуриентов, подавших заявления на i -е направление подготовки к моменту времени t . Тогда количество баллов абитуриента j в момент времени t ($1 \leq j \leq |M(t)|$) на направление подготовки с номером i определяется величиной $s_{i,j}(t)$. Для разных направлений подготовки эта величина может отличаться, т.к. в расчете суммарного балла учитываются результаты ЕГЭ по разным дисциплинам. Если абитуриент не подавал заявление на направление подготовки i , то будем полагать $s_{i,j}(t) = -1$.

Т.к. в ходе приемной кампании абитуриенты не сразу приносят информацию о своих личных достижениях, а также результаты по ЕГЭ становятся известны не сразу (к тому же некоторые категории абитуриенты сдают ЕГЭ в вузе), то величина $s_{i,j}(t)$ меняется до момента времени t_0 – конца приема документов. Для $t \geq t_0$ величину $s_{i,j}(t)$ можно считать постоянной.

Каждый абитуриент может подать заявление максимум на 3 направления подготовки в одном вузе [3]. Направления подготовки, на которое подал j -й абитуриент заявление в момент времени t , обозначим как множество – $T_j(t) = \{T_{j,k}(t)\}$, где $1 \leq k \leq |T_{j,k}(t)|$, $1 \leq T_{j,k}(t) \leq n$. При $t \geq t_0$ – элементы множества $T_j(t)$ не меняются и равны $T_j(t_0)$ (однако может меняться их порядок), направление $T_{j,1}$ считается для абитуриента приоритетным. Абитуриент становится рекомендованным к зачислению только при условии, что он подал оригинал документов, а само зачисление осуществляется в два этапа:

- 1) в момент времени t_1 – до заполнения 80% на бюджетные места, $B_{1,i} = [0.8 \cdot B_i]$ – количество бюджетных мест на i -ю специальность на 1-м этапе;
- 2) в момент времени t_2 – до заполнения 100% на бюджетные места, $B_{2,i} = B_i - B_{1,i}$ – количество бюджетных мест на i -ю специальность на 2-м этапе.

Обозначим соответствующие множества абитуриентов: $V_{1,i}(t)$ – рекомендованные к зачислению абитуриенты на 1-м этапе по i -му направлению подготовки, а $V_{2,i}(t)$ – на 2-м этапе по i -му направлению подготовки:

$$V_1(t) = \cup_i V_{1,i}(t);$$

$$V_2(t) = \cup_i V_{2,i}(t).$$

В первую очередь большинство приемных комиссий стремится заполнить бюджетные места, т.е. сделать так, чтобы для любого i ($1 \leq i \leq n$) выполнялось условие:

$$|V_{1,i}(t)| + |V_{2,i}(t)| = B_i.$$

К сожалению, достичь этой цели не всегда возможно. В этом случае стараются минимизировать число не востребуемых бюджетных мест:

$$\sum_{i=1}^N B_i - |V_{1,i}(t)| - |V_{2,i}(t)| \rightarrow \min,$$

с учетом ограничения:

$$|V_{1,i}(t)| + |V_{2,i}(t)| \leq B_i.$$

2. Математические методы и алгоритмы решения задачи оптимального набора абитуриентов

В интервал времени $[t_0; t_1]$ абитуриенты могут приносить оригиналы документов, забирать документы, а также менять приоритет направлений подготовки. Основной задачей приемной комиссии в этот период становится содействие абитуриентам в определении основного для себя направления, т.к. на разные направления разный конкурс и разные шансы поступления. В этот период абитуриентов, подавших оригиналы документов (обозначим их как множество $M'(t)$), можно разделить на 2 подмножества:

- 1) $G_1(t) = V_1(t)$ – абитуриенты, попавшие в список рекомендованных к зачислению и не желающих менять приоритет направлений;
- 2) $G_2(t) = M'(t) \setminus V_1(t)$ – абитуриенты, не попавшие в список рекомендованных к зачислению и абитуриенты, попавшие в список рекомендованных к зачислению и допускающих смену приоритета направлений.

В случае, когда остаются не востребуемые бюджетные места, приемная комиссия старается рекомендовать абитуриентам из множества $G_2(t)$ сменить приоритетное направление подготовки. Может существовать множество вариантов формирования таких рекомендаций $R_l(t) = \{V'_{1,r}(t)\}$, где $V'_{1,r}(t) = \{V'_{1,r,i}(t)\}$, а $V'_{1,r,i}(t)$ – список абитуриентов, которым рекомендуется выбрать в качестве приоритетного i -е направления подготовки в момент времени t . Среди элементов множества R_l приемная комиссия стремится выбрать вариант с минимальным значением не востребуемых бюджетных мест:

$$\sum_{i=1}^N B_{1,i} - |V_{1,i}(t)| - |V'_{1,r,i}(t)| \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$|V_{1,i}(t)| + |V'_{1,r,i}(t)| \leq B_{1,i}.$$

При этом если таких вариантов несколько, то выбирается тот, в котором сумма баллов абитуриентов множества $V'_{1,r}(t)$ максимальна, т.е.:

$$V'_{1,r}(t): \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{|V'_{1,r,i}(t)|} s_{i,V'_{1,r,i,j}(t)} \rightarrow \max.$$

Эта же задача может быть записана следующим образом. Имеется целевая функция $f_t(x)$, которую необходимо максимизировать:

$$f_t(x) = \sum_{j=1}^{|G_2(t)|} \sum_{i=2}^{|T_{G_2,j}(t)(t)|} x_{i,j} \cdot s_{i,T_{G_2,j}(t)(t)},$$

где $x_{i,j}=1$ – определяет, что абитуриенту $G_{2,j}(t)$ рекомендуется выбрать специальность $T_{G_2,j}(t),i(t)$.

Также имеем ограничения:

$$0 \leq x_{i,j},$$

$$\sum_{i=1}^{|T_{G_2,j}(t)|} x_{T_{G_2,j}(t),i}(t),j \leq 1,$$

$$\sum x_{i,j} \leq B_{1,i}; G_{2,j}(t) = i$$

Отметим, что максимизация функции $f_i(x)$ также максимизирует количество заполненных бюджетных мест, т.е. значение формулы (1) имеет минимально возможное значение. Это обусловлено тем, что при наличии бюджетных мест и кандидатов на них, значение функции $f_i(x)$ увеличивается, если этого кандидата включить в рекомендации, т.к. сумма его баллов > 0 .

Таким образом, исходная задача сводится к задаче линейного программирования, а для её решения могут быть применены соответствующие хорошо известные методы: симплекс-метод, метод внутренних точек и др. [4, 5]. При этом среди оптимальных решений этой задачи необходимо выбирать только целочисленные, а значит можно применять более эффективные методы – методы целочисленного программирования (как точные, например, метод Гомори [6], так и эвристические [5]). Однако если учесть, что $\forall x_{i,j}: x_{i,j} \in \{0; 1\}$, то получаем задачу бинарного программирования, для решения которой могут использоваться различные методы: например, аддитивный алгоритм Балаша [7], или методы динамического программирования. При этом задача бинарного программирования относится к NP-полным задачам, а значит её решение при большой размерности (в случае с абитуриентами – размерность может достигать нескольких сотен переменных) с помощью ЭВМ может занять существенное время. В этом случае необходимо снизить размерность задачи.

Заметим, что в реальной практике работы приемной комиссии множество $G_2(t)$ может быть разделено на несколько непересекающихся подмножеств – компонент связности, в которых все абитуриенты одного подмножества подали заявления на направления подготовки, которые не имеют пересечений с направлениями подготовки других подмножеств $G_2(t)$. Обычно, компоненты связности образуются на базе факультетов или группы кафедр.

Для реализации данного подхода отобразим множества абитуриентов $M = \{M_1, M_2, \dots, M_k\}$, где k – количество абитуриентов, и направлений подготовки $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ на

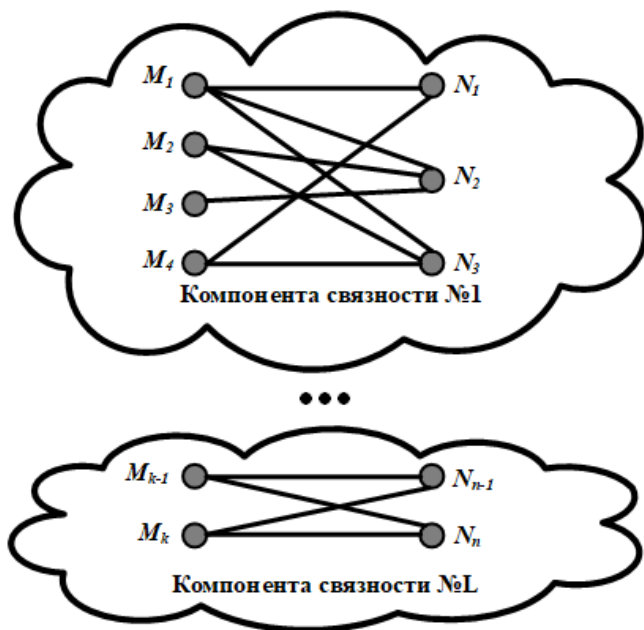


Рис. 1. Пример компонент связности на графе абитуриентов и направлений

вершины графа $H = \langle C, E \rangle$, где C – множество вершин графа, $C = M \cup N$, E – связи между вершинами. Если абитуриент M_j подал заявление на направление подготовки N_i , то включаем эту связь во множество рёбер E графа H . В этом случае замкнутые группы абитуриентов и направлений подготовки, в пределах которых абитуриенты могут менять приоритеты в своих заявлениях, образуют отдельные компоненты связности в графе H (рис. 1). Для поиска компонентов связности на графе применяются соответствующие алгоритмы [8].

Выделение компонент связности позволяет снизить размерность исходной задачи и перейти к независимому решению нескольких задач бинарного программирования меньшей размерности.

Аналогично решается эта же задача в ходе 2-го этапа набора.

3. Пример применения разработанного алгоритма

Рассмотрим применение разработанного алгоритма на следующем примере. Пусть имеется 3 направления подготовки ($n=3$): «Направление №1», «Направление №2» и «Направление №3». На каждое из направлений после завершения 1-го этапа набора (момент времени $t_1 < t_e \leq t_2$) осталось по одному бюджетному месту (т.е.: $B_{2,1}=B_{2,2}=B_{2,3}=1$). Имеется 4 абитуриента ($m=4$), подавших заявления на некоторые из этих направлений с определенным приоритетом (табл. 1) и все они не возражают против смены приоритета направлений (т.е. $G_2(t_e)=\{1, 2, 3, 4\}$). Положим, что на направления подготовки одинаковый набор дисциплин, поэтому у абитуриентов будет одинаковый суммарный балл для каждого из них по результатам ЕГЭ (табл. 1).

Таблица 1 Заявления и баллы абитуриентов на соответствующие направления подготовки

Абитуриенты	1-е направление (приоритетное)	2-е направление	3-е направление
Абитуриент №1 (167 баллов)	«Направление 1»	«Направление 2»	«Направление 3»
Абитуриент №2 (182 балла)	«Направление 1»	«Направление 3»	
Абитуриент №3 (164 балла)	«Направление 1»	«Направление 3»	
Абитуриент №4 (171 балла)	«Направление 3»		

Если не предпринимать никаких действий, то получится, что поступят только «Абитуриент №2» и «Абитуриент №4» с суммарным баллом $182+171=353$. При этом останется незаполненным одно бюджетное место на «Направлении 3».

Попробуем решить задачу оптимизации распределения приоритетов в заявлениях абитуриентов с помощью разработанного метода. Для данных, приведённых в табл. 1, имеем: $M_1(t_e)=\{1, 2, 3, 4\}$; $M_2(t_e)=\{1\}$; $M_3(t_e)=\{1, 2, 3, 4\}$; $M_4(t_e)=\{4\}$; $s_{1,1}(t_e) = s_{2,1}(t_e) = s_{3,1}(t_e) = 167$; $s_{1,2}(t_e) = s_{3,2}(t_e) = 182$; $s_{2,2}(t_e) = s_{4,2}(t_e) = -1$; $s_{1,3}(t_e) = s_{3,3}(t_e) = 164$; $s_{2,3}(t_e) = s_{4,3}(t_e) = -1$; $s_{1,4}(t_e) = s_{2,4}(t_e) = s_{3,4}(t_e) = -1$; $s_{4,4}(t_e) = 171$; $T_1=\{1, 2, 3\}$; $T_2=\{1, 3\}$; $T_3=\{1, 3\}$; $T_4=\{3\}$.

Имеем следующие переменные, значения которых необходимо определить:

- «Абитуриент №1»: $x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1}$;
- «Абитуриент №2»: $x_{1,2}, x_{3,2}$;
- «Абитуриент №3»: $x_{1,3}, x_{3,3}$;
- «Абитуриент №4»: $x_{3,4}$.

Ограничения:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1}, x_{1,2}, x_{3,2}, x_{1,3}, x_{3,3}, x_{3,4}; \\ x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} \leq 1; \\ x_{1,2} + x_{3,2} \leq 1; \\ x_{1,3} + x_{3,3} \leq 1; \\ x_{3,4} \leq 1; \\ x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} \leq 1; \\ x_{2,1} \leq 1; \\ x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} \leq 1. \end{array} \right.$$

Целевая функция:

$$f_{t_e}(x) = 167x_{1,1} + 167x_{2,1} + 167x_{3,1} + 182x_{1,2} + 182x_{3,1} + 164x_{1,3} + 164x_{3,3} + 171x_{3,4} \rightarrow \max$$

Решив эту задачу линейного программирования соответствующим методом [4-7] получим: $x_{1,1}=0$; $x_{2,1}=1$; $x_{3,1}=0$; $x_{1,2}=1$; $x_{3,1}=0$; $x_{1,3}=0$; $x_{3,3}=0$; $x_{3,4}=1$. Это означает, что «Абитуриенту

№1» необходимо в качестве приоритетного направления выбрать «Направление 2», «Абитуриенту 2» – «Направление 1», «Абитуриенту 4» – «Направление 3». При таком раскладе «Абитуриент 3» не попадает в список зачисляемых, поэтому для него рекомендаций нет. Такое решение позволяет закрыть все оставшиеся бюджетные места, а суммарный балл зачисляемых абитуриентов увеличился до $167+182+171=520$.

4. Программная реализация математических методов и алгоритмов

Рассмотрим вопросы разработки программного обеспечения, реализующего предложенные математические методы и алгоритмы, с учетом необходимости интеграции его в структуру информационных ресурсов вуза. Для примера будем рассматривать информационные ресурсы Брянского государственного технического университета, в котором работают авторы статьи.

В настоящее время для абитуриентов Брянского государственного технического университета имеется специализированный сайт «БГТУ-Абитуриент», на котором имеется информация о заявлениях абитуриентов на направления подготовки в течение всего периода работы приёмной комиссии за 2016-й и 2017-й год. Сведения о заявлениях абитуриентов и количестве мест для поступающих представлены в виде соответствующих файлов специальной структуры, расположенных на сайте в соответствующем каталоге, а также на веб-страницах самого сайта [9]. Для удобства автоматической обработки этих сведений более эффективным является использование файлов специализированной структуры.

С учетом описанных особенностей информационной системы, с которой необходимо интегрироваться, была разработана схема интеграции программного обеспечения поддержки принятия решений в ходе набора абитуриентов в вуз с веб-сайтом «БГТУ-Абитуриент» (рис. 2).

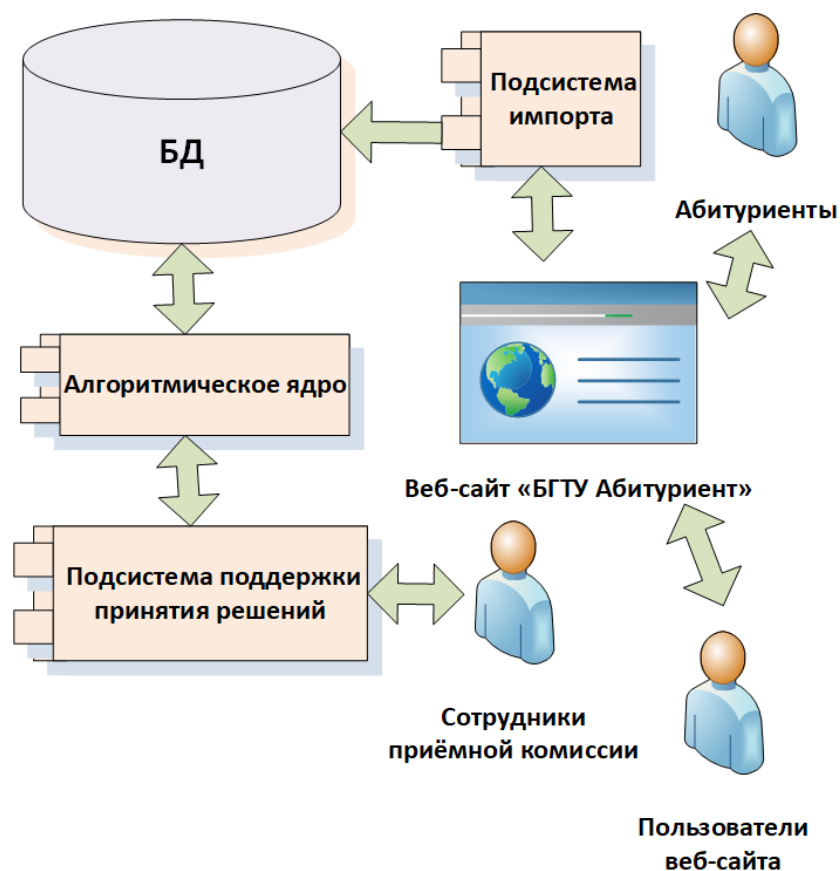


Рис. 2. Схема интеграции программного обеспечения поддержки принятия решений в ходе набора абитуриентов в вуз с веб-сайтом «Абитуриенту БГТУ»

Ключевое место в архитектуре программного обеспечения занимает база данных, которой заполняется в автоматическом режиме с помощью специальной подсистемы импорта. Разработанная база данных приведена к третьей нормальной форме и содержит восемнадцать таблиц (рис. 3).

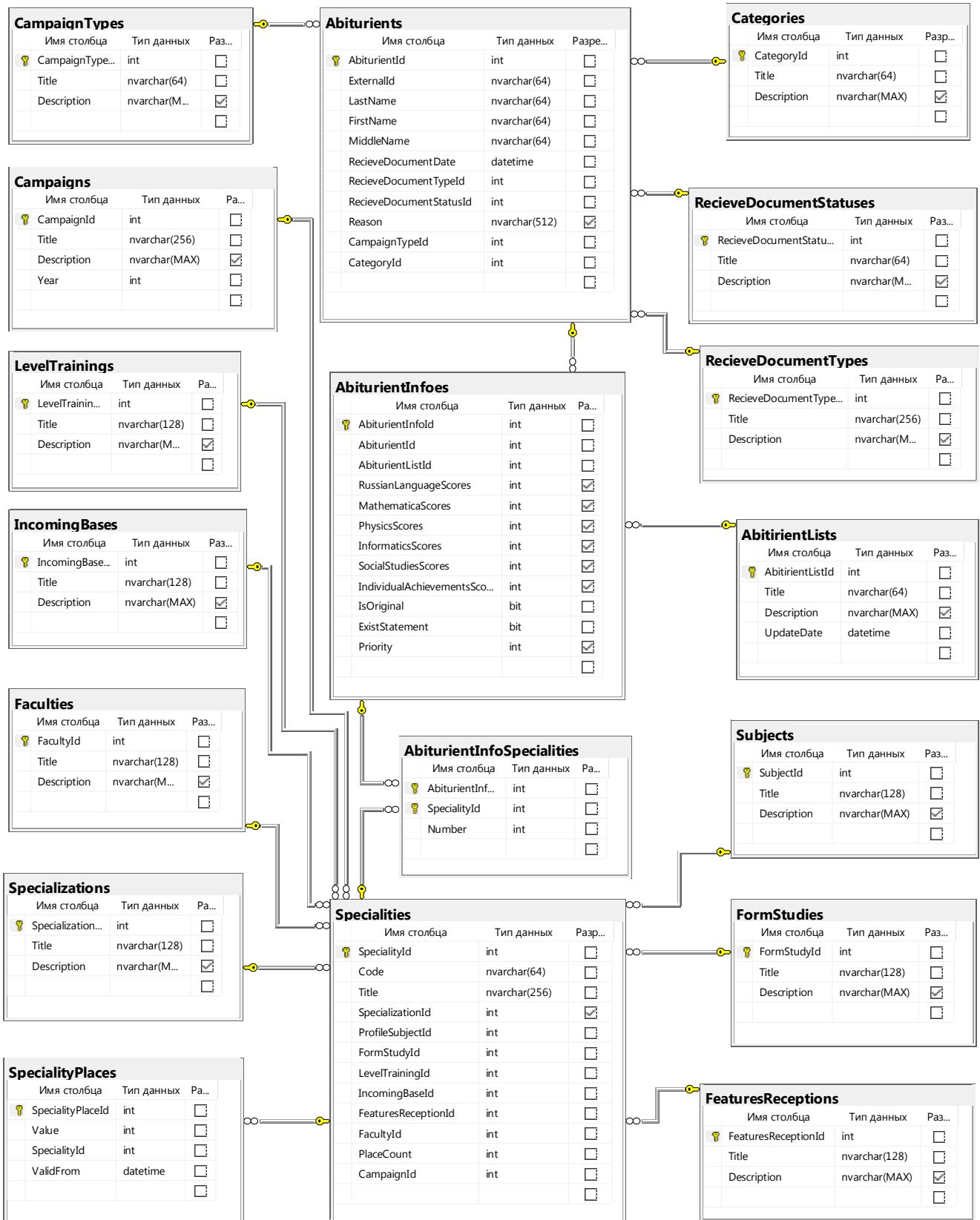


Рис. 3. Модель базы данных хранения сведений об абитуриентах для программного обеспечения поддержки принятия решений в ходе набора абитуриентов в вуз

- 1) «*Specialities*» – содержит данные о специальностях и направлениях подготовки. Является источником сведений для множества N .
- 2) «*SpecialityPlaces*» – содержит информацию о доступных местах для поступающих. Является источником сведений для функции $b_i(t)$.
- 3) «*AbiturientLists*» – содержит данные о списках абитуриентов. Является источником сведений о возможных значениях моментов времени t .
- 4) «*AbiturientInfoes*» – содержит данные об абитуриентах в конкретный момент времени t . Является источником сведений для множества $M(t)$ и $s_{i,j}(t)$.
- 5) «*AbiturientInfoSpecialities*» – содержит данные о поданных заявлениях абитуриентов на направления подготовки. Является источником сведений для множеств $M_i(t)$ и $T_j(t)$.
- 6) **Справочные таблицы:** «*Abiturients*» (общие сведения об абитуриентах), «*Campaigns*» (приёмные кампании), «*CampaignTypes*» (типы приёмных кампаний), «*Categories*» (категории набора абитуриентов), «*Faculties*» (факультеты), «*FeaturesReceptions*» (особенности приёма), «*FormStudies*» (формы обучения), «*IncomingBases*» (основание поступления), «*LevelTrainings*» (уровень подготовки), «*RecieveDocumentStatuses*» (статус получения документов), «*RecieveDocumentTypes*» (тип получения документов), «*Specializations*» (специализации), «*Subjects*» (дисциплины).

Формирование оптимальных (с точки зрения приёмной комиссии) вариантов распределения поступающих абитуриентов осуществляется алгоритмическим ядром на основе сведений из приведённой базы данных и передаются в подсистему принятия решений, с которой взаимодействуют секретари приёмной комиссии.

Заключение

Стоит отметить, что получаемые от системы рекомендации секретарь приёмной комиссии не всегда сможет выполнить, т.к. существуют субъективные факторы, препятствующие этому. Например, абитуриенты, исходя из своих убеждений, могут отказаться от смены приоритетов направлений подготовки в заявлении. Или же могут быть проблемы с личным присутствием студента в приёмной комиссии для подачи обновленного заявления. Учесть эти особенности можно, если добавить соответствующие ограничения при формировании множеств $M_i(t)$ и $T_j(t)$ за счет фиксации приоритетного направления подготовки для «проблемных» абитуриентов как единственного.

Также стоит отметить, что ситуация с заявлениями студентов меняется динамически, поэтому формирование рекомендаций следует осуществлять постоянно (например, несколько раз в сутки). Программная реализация предложенных алгоритмов позволит их формировать в автоматическом режиме, что обеспечить секретарям приёмной комиссии оперативную поддержку принятия решений при формировании рекомендаций абитуриентам изменить приоритет направлений подготовки. Эти же рекомендации могут быть выданы и напрямую абитуриентам, чтобы они оперативно и самостоятельно смогли предпринять необходимые меры по смене приоритета направлений подготовки в своих заявлениях.

С помощью разработанных математического и программного обеспечения можно повысить как средний бал студентов, зачисленных в вузы, так и эффективность самой приёмной кампании в целом.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 07.03.2018, с изм. от 07.03.2018) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 07.03.2018). Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556716692>.
2. Официальная статистика. Население. Демография. Естественное движение населения. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/.
3. Приказ Минобрнауки России от 14.10.2015 N 1147 (ред. от 11.01.2018) «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_188408/.
4. Математическое программирование: учебное пособие. 5-е изд., стереотип / В.Г. Карманов. М.: Физматлит, 2004. 264 с.
5. Karmarkar N.A. New polynomial-time algorithm for linear programming // *Combinatorica*. 1984. V. 4. N 4. P. 373-395.
6. Gomory R.E. Outline of an Algorithm for Integer Solutions to Linear Programs and An Algorithm for the Mixed Integer Problem / 50 Years of Integer Programming 1958-2008 // Jünger M. et al. (eds). Springer, Berlin, Heidelberg. P. 77-103.
7. Balas E., Zemel E. An algorithm for Large 0-1 Knapsack Problems // *Operations Research*. 1980. V. 28. N 5. P. 1130-1154.
8. Свами М., Тхуласираман К., Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984. 454 с.
9. Шкаберин В.А., Подвесовский А.Г., Азарченков А.А., Коростелев Д.А., Трубаков А.О. Особенности проектирования визуального интерфейса для web-сайта «БГТУ-абитуриент» // *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2017. №1 (54). С. 185-191.

Сведения об авторах:

Коростелёв Дмитрий Александрович

к.т.н., доцент, доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение»,
Брянский государственный технический университет,
тел.: (4832)56-09-84, +7-906-699-48-57,
E-mail: nigm85@mail.ru

Зимин Сергей Николаевич

к.т.н., старший преподаватель кафедры «Информатика и программное обеспечение»,
Брянский государственный технический университет,
тел.: (4832)56-09-84, +7-910-337-23-57,
E-mail: wmailzsn@gmail.com

References:

1. Federal Law No. 273-FZ of December 29, 2012 (Ed. 07.03.2018, amend. 07.03.2018) «On Education in the Russian Federation» (with amendments and additions, entered into force on 07.03. 2018). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/556716692>. [in Russian language]
2. Official statistics. Population. Demography. Natural movement of the population. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/. [in Russian language]
3. Order of the Ministry of Education and Science of Russia from 14.10.2015 N 1147 (Edited on 11.01.2018) «On the approval of the procedure for admission to study on educational programs of higher education - undergraduate programs, specialty programs, master's programs». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_188408/. [in Russian language]
4. Karmanov V.G. (2004). *Mathematical Programming: A Tutorial. The stereotype*. Moscow: Fizmatlit. [in Russian language]
5. Karmarkar N.A. (1984). New polynomial-time algorithm for linear programming. *Combinatorica*. Vol. 4, (4), pp. 373-395.[in Russian language]
6. Jünger M. (Ed.), Gomory R.E. (2008). *Outline of an Algorithm for Integer Solutions to Linear Programs and An Algorithm for the Mixed Integer Problem. 50 Years of Integer Programming 1958-2008*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 77-103.[in Russian language]
7. Balas E., Zemel E. (1980). An algorithm for Large 0-1 Knapsack Problems. *Operations Research*. Vol. 28, (5), pp. 1130-1154.[in Russian language]
8. Swami M., Thulasaraman K. (1984). *Graphs, networks and algorithms*. Moscow: Mir. [in Russian language]
9. Shkaberin V.A., Podvesovsky A.G., Azarchenkov A.A., Korostelev D.A., Trubakov A.O. (2017). Features of designing a visual interface for the web-site «BSTU-entrant». *Bulletin of Bryansk State Technical University*, 54(1), pp. 185-191.[in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 28.04.18.

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

Статья принята к публикации 07.09.18

Information about authors:

Korostelyov Dmitry Alexandrovich

Ph.D., associate professor, associate professor of the department «Informatics and software»
Bryansk State Technical University,
tel.: (4832) 56-09-84, + 7-906-699-48-57,
E-mail: nigm85@mail.ru

Zimin Sergey Nikolaevich

Ph.D., senior lecturer of the department «Informatics and software»
Bryansk State Technical University,
tel.: (4832) 56-09-84, + 7-910-337-23-57,
E-mail: wmailzsn@gmail.com

УДК: 004.65

DOI10.30987/article_5bfd98c5201194.57523424:

А.Ю. Гулевитский, А.В. Курлов

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрена авторская концепция внедрения инноваций на промышленном предприятии. Данная концепция включает математические модели и методы, позволяющие обосновывать выбор инновации, вырабатывать рекомендации по повышению квалификации и обосновывать технический облик инновации. Кроме того, концепция включает два вида оценки качества инновации (априорная и апостериорная), а также процедуру поддержки принятия решений по управлению инновациями. Основные положения данной концепции реализованы в виде базы данных управления инновационной деятельностью промышленного предприятия.

Ключевые слова: база данных, инновация, промышленное предприятие, внедрение инноваций, оценка качества, повышение квалификации.

A.Yu. Gulevitsky, A.V. Kurlov

DATABASE DEVELOPMENT OF THE MANAGEMENT INNOVATIVE ACTIVITY IN THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

This article describes the author's concept of innovation in an industrial enterprise. This concept includes mathematical models and methods to justify the choice of innovation, to develop recommendations for advanced training and to justify the technical appearance of innovation. In addition, the concept includes two types of innovation quality assessment (a priori and a posteriori), as well as a decision support procedure for managing innovations. The main provisions of this concept are implemented in the form of a database of industrial enterprise innovation management.

Key words: database, innovation, industrial enterprise, introduction of innovations, quality assessment, advanced training.

Введение

Актуальность исследований в области повышения эффективности управления инновациями на промышленном предприятии обусловлена тем, что в последнее время все большее внимание начинает уделяться разработке инновационных стратегий развития. Предприятием в соответствии с его миссией и динамично изменяющейся внешней средой определяются цели получения устойчивых прибылей, конкурентных преимуществ и выживания в долгосрочной перспективе. Средствами достижения целей, т.е. стратегиями, при этом служат как интенсивное развитие всех элементов производственно-хозяйственной системы предприятия, так и их инновационное развитие.

Таким образом, в настоящее время назрела необходимость создания модели и ее реализации в виде базы данных, позволяющей управлять инновационной деятельностью промышленного предприятия. Исходя из того, что концентрированным выражением процесса управления является управленческое решение, база данных управления инновационной деятельностью промышленного предприятия должна представлять собой управленческое решение относительно принятия инновационной программы.

Разработка базы данных

Под базой данных управления инновационной деятельностью предлагается понимать

автоматизированную информационную систему, позволяющую осуществлять сбор, хранение, обработку и передачу (выдачу) информации. Основная цель такой системы – повышение эффективности планирования, организации, мотивации, контроля, координации и принятия решения в интересах оптимизации человеческих, материальных и финансовых ресурсов на промышленном предприятии.

В основу предлагаемой базы данных положена концепция внедрения инноваций на промышленном предприятии [1]. Предлагаемая концепция представлена на рисунке 1 и включает следующие основные положения.

I. Анализ современного состояния предприятия. При этом анализе определяются основные проблемы предприятия, пути их решения и перспективные направления дальнейшего развития, выявляются причины отставания от аналогичных предприятий индустриально и технологически развитых зарубежных стран, рассматриваются возможности современных технологий и отечественной промышленности.

II. Выбор инновации. На этом этапе определяется объективная необходимость разработки инновации для предприятия, ее сущность, анализируются основные технические характеристики, направления использования и другие параметры.

III. Анализ предприятия. При проведении анализа более детально рассматриваются состав и структура предприятия, режимы его функционирования и определяется круг инновационных задач, которые должны решаться.

IV. Разработка математической модели подготовки и повышения квалификации. По результатам проведенного анализа формируется «модель специалиста», которая содержит полный перечень должностных лиц предприятия и все решаемые ими задачи. Для обеспечения функционирования представленной модели необходимо провести информационное заполнение ее элементов. Подготовленная таким образом математическая модель позволяет определить содержание инновации, необходимый уровень подготовки должностных лиц предприятия и обеспечивает возможность обосновывать инновационные изменения.

V. Определение технического облика инновации. По результатам анализа состава и режимов функционирования предприятия, а также определения перечня решаемых задач, разрабатываются предложения по техническому облику инновации. В результате определения технического облика обосновывается ее состав и структура.

VI. Выработка требований к инновации. При выработке требований используются результаты предыдущих этапов в условиях обязательного согласования с разработанными положениями по составу и структуре предприятия. Определяется ряд требований к инновации:

- требования по назначению;
- требования по составу и структуре;
- режимы функционирования;
- перечень и состав задач и др.

VII. Методика априорной оценки качества разрабатываемой (модернизируемой) инновации. Данная методика позволяет дать прогнозируемую оценку качества разрабатываемой (модернизируемой) инновации. Для реализации данного этапа необходимо разработать признаки априорной оценки качества.

Для оценки качества инновации используются результаты анализа инноваций в рассматриваемой предметной области (аналогичные предприятия, проблемы, направления развития и т.д.) и определяются числовые значения ситуативных норм, сложившихся в определенный отрезок времени. Под ситуативной нормой понимаются складывающиеся в процессе самоорганизации системы ограничения, соответствующие допустимости состояний и поведения ее элементов в конкретной ситуации.

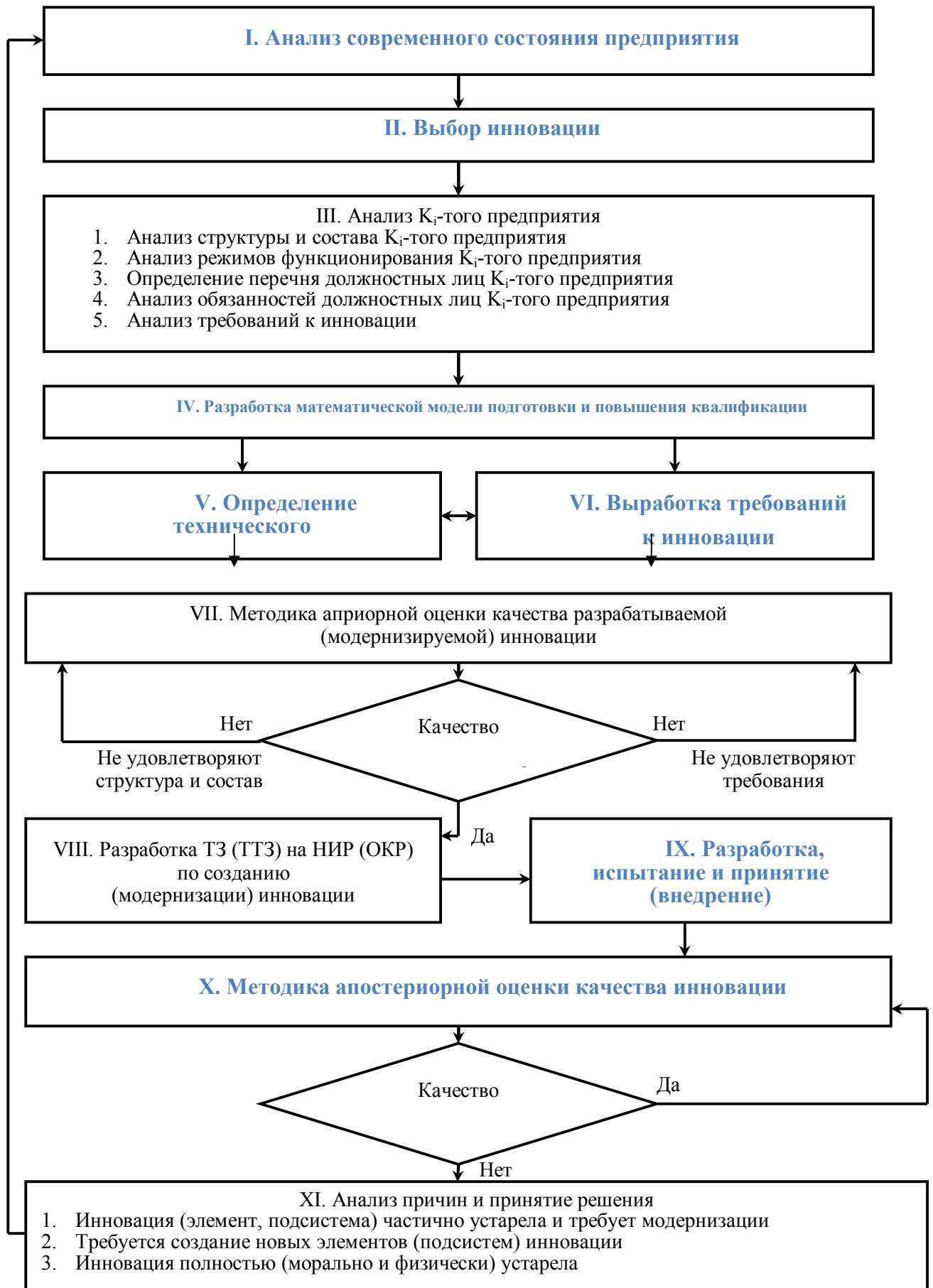


Рис.1. - Концепция разработки, создания и модернизации инновационна промышленном предприятии

В основе предлагаемой методики лежит понятие нормы-интервала. В отличие от нормы-точки, выявление нормы-интервала предполагает поиск на измерительной шкале таких пограничных значений признака, которые делят все элементы (подсистемы) инновации на «нормальные» и «анормальные».

В зависимости от целей выполняемой работы (разработка или модернизация) расчеты могут проводиться по определению следующих типов норм:

- нормы минимаксной широты (X^{100});
- нормы интердецильной широты (X^{80});
- нормы интерквартильной широты (X^{50});
- нормы размытой (назначаемой) широты (X^{\sim}).

Норма-интервал позволяет разделить все объекты инновации на отдельные категории:

- близкие к идеальным;
- авангардные;
- нормальные;
- требующие модернизации;
- морально и технически устаревшие (данная категория не относится к инновации, однако ее необходимо использовать для более точной оценки).

Предлагаемая методика основана на построении сравнительных оценочных показателей характеристик инновации, состоящей из подсистем и входящих в их состав элементов.

На основе априорной оценки качества принимается решение на доработку требований к инновации, совершенствование технического облика (если качество разрабатываемой (модернизируемой) инновации не удовлетворяет этим требованиям) или разрабатывается ТЗ на НИР (ОКР) по созданию инновации (если качество разрабатываемой (модернизируемой) инновации удовлетворяет этим требованиям).

Применение данного методического подхода позволяет на предварительном этапе оценить качественный уровень инновации (прогнозируемая оценка), а также выявить признаки, по которым она не удовлетворяет понятию нормы.

VIII. Разработка ТЗ (ТТЗ) на НИР (ОКР) по созданию инновации. Разработка технического задания на НИР (ОКР) по созданию инновации должна основываться на результатах предыдущих этапов.

IX. Разработка, испытание и принятие инновации. На основании утвержденного технического задания на данном этапе осуществляется:

- разработка эскизного проекта и его защита;
- разработка технического проекта и его защита;
- разработка рабочей конструкторской документации;
- организация и проведение предварительных (заводских) и государственных испытаний;
- устранение выявленных недостатков;
- принятие инновации (внедрение на предприятии).

X. Методика апостериорной оценки качества инновации (мониторинг). Методика предполагает организацию мониторинга оценки качества инновации на основе разработанных признаков. Содержание методики в основном аналогично априорной оценки качества.

XI. Анализ причин и принятие решения. По результатам апостериорной оценки качества инновации принимается решение на продолжение эксплуатации, модернизацию или полную замену – разработку новой инновации.

Применение предлагаемой концепции при разработке, создании и модернизации инновации, позволит обосновано, на основе системного подхода выработать требования, определить состав и структуру, а также оценивать качество и принимать решения по

созданию новых или модернизации существующих инноваций на предприятии.

По результатам ряда исследований [1 – 7] разработана база данных управления инновациями для промышленного предприятия, которая включает 8 взаимосвязанных таблиц – схема данных (рисунок 2).

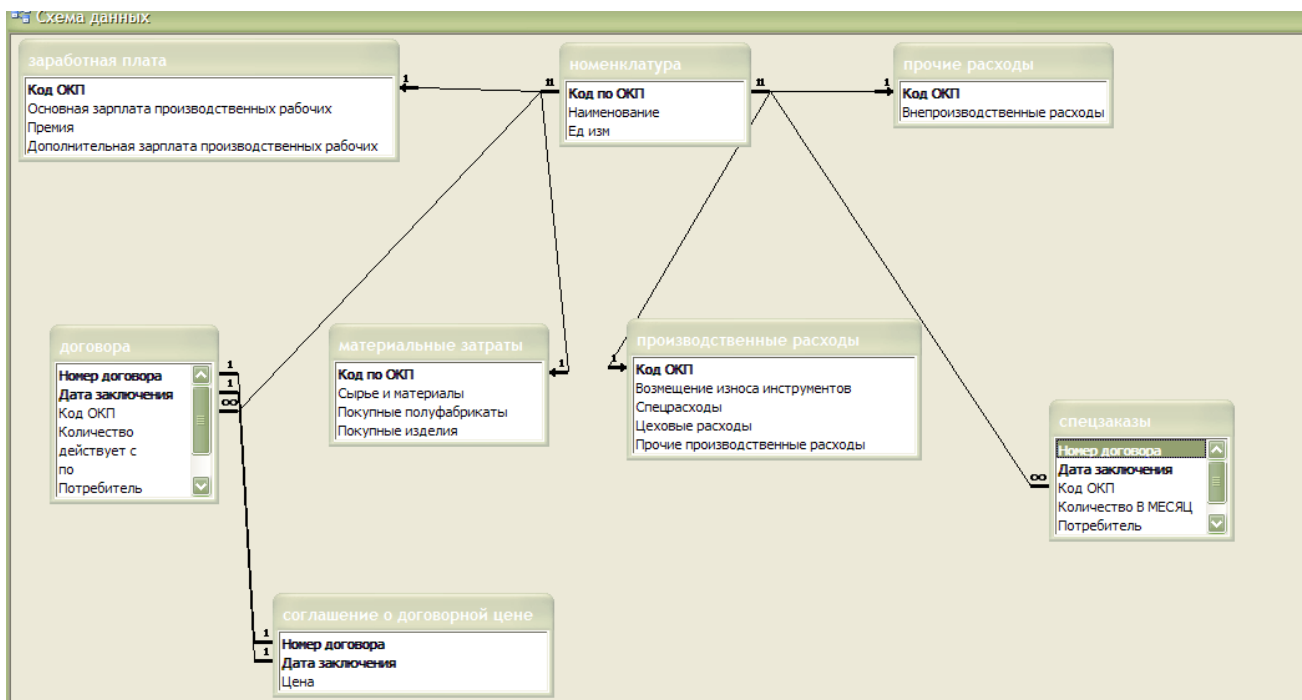


Рис. 2. - Схема данных

Выходной информацией в базе данных являются общие сведения о предполагаемой инновационной производственной программе. Отчет представлен в формате MSExcel (рисунок 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Модель анализа целесообразности принятия инновации на промышленном предприятии														
2	Возможности поставок, ед.					завод									
3	Нераспределенный резерв					0,00					11.11.2018				
4	Итоговые данные														
5	Показатели	Без спецзаказов	На един.	о спецзаказам	На един.	1	Спецзаказы								
6	Объем продаж	x		0	x	12000									
7	Средняя цена	x	122,00р.	x		12									
8	Выручка	0,00р.	x	0	x	144000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Переменные затраты	1574539,92	0	1574539,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Маржинальная прибыль		122,00р.	0		144000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Постоянные затраты		0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16	прирост на сумму		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Прибыль	0	122,00р.	0	0	144000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Полная себестоимость	1574539,92	0	1574539,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Включение спецзаказа		x	x	x										

Рис. 3. - Результат вывода данных

Порядок использования базы данных заключается в следующем.

На первом этапе вводятся данные, характеризующие базовый план и спецзаказы. По ним в электронной таблице автоматически рассчитываются все производные показатели. Далее, устанавливая или снимая для конкретных спецзаказов признаки включения в сводный план, следует стремиться подобрать такую их комбинацию, при которой совокупная прибыль сводного плана увеличивается как можно больше, но при условии соблюдения ограничения на производственные мощности.

В электронной таблице использовано условное форматирование, позволяющее выделять значение прибыли по сводному плану другим фоном в том случае, если оно больше прибыли по базовому плану. Кроме того, условное форматирование использовано для выделения фоном цен по спецзаказам, которые меньше полной себестоимости по базовому плану.

Для установки программного продукта необходимо скопировать на диск С два файла: Учет спецзаказов.mdb, Модель выбора оптимального заказа.xls.

При запуске файла Учет спецзаказов появляется форма рисунок 4.

Рис. 4. - Главная форма проекта

Результаты разработки базы данных

Таким образом, для повышения эффективности управления инновациями на промышленном предприятии разработана база данных, которая позволяет:

- осуществлять сбор информации о промышленном предприятии;
- обосновывать выбор инновации;
- определять состав и направления повышения квалификации (переподготовки);
- обосновывать технический облик инновации;
- осуществлять информационную поддержку при разработке и внедрении по срокам, объему и затратам;
- осуществлять априорную и апостериорную оценку качества инновации на основе ситуативных норм;
- осуществлять поддержку принятия решений по управлению инновациями на промышленном предприятии.

Список литературы:

1. Курлов А.В., Смирнова М.С. Концепция внедрения инновации на предприятии // LXVI междунар. студ.науч. конф. ГУАП: Сб. докл.: В 2 ч. Ч.1. Технические науки. СПбГУАП. СПб., 2013.
2. Курлов А. В., Рудченко В. Н. Математическая модель оценки качества продукции текстильной промышленности// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна, сер. Естественные и технические науки. 2015. № 4.С. 67-74.
3. Курлов А.В, Кирпичников А.П., Латыпова Р.Р. Система рисков промышленного предприятия на основе модульного принципа. Вестник Казанского технологического университета. Казань: Изд-во Казан.гос. технол. ун-та, 2016. №6. С. 108-114.
4. Курлов А.В. Предложения по созданию инновационной системы в Российской Федерации // LXIV междунар. студ. науч. конф. ГУАП: Сб. докл.: В 2 ч. Ч.1. Технические науки. СПбГУАП. СПб. 2011. 442 с.
5. Курлов А.В. Реализация инноваций: основные проблемы и пути их решения» // LXV междунар. студ. науч. конф. ГУАП: Сб. докл.: В 2 ч. Ч.1. Технические науки. СПбГУАП. СПб. 2012. 516 с.
6. Курлов А.В., Семенова Е.Г. Математическая модель подготовки кадрового обеспечения промышленного предприятия и ее оптимизация. Вопросы радиоэлектроники. СПб: Изд-во ЦНИИ «Электроника». 2016. С. 81-84.
7. Курлов А.В. Ситуационное управление рисками промышленного предприятия // Материалы НТК «Будущее предприятия – в творчестве молодых», 28 мая 2016 г., Инновационная радиоэлектроника. СПб: Изд-во АО «НПП Радар ммс», 2016. С. 121-124.

*Статья поступила в редколлегию 10.04.18.
Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Подвесовский А.Г.*

Статья принята к публикации 07.09.18

Сведения об авторах:

Курлов Алексей Викторович

аспирант федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», тел.: 8-921-566-54-59,
E-mail: alexeikurlov@gmail.com

Гулевитский Андрей Юрьевич

доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества, к.т.н., доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», тел.:8-905-255-94-83,
E-mail: angule@mail.ru

References:

1. Kurlov A.V, Smirnova M.S. (2013). The concept of innovation in the enterprise. LXVI International student scientific conference GUAP.in 2 volumes. Vol.1. Technical science. SPBGUAP. SPb.[in Russian language]
2. Kurlov A.V., Rudchenko V.N. Mathematical model of the evaluation of the quality of textile products. (2015).Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna «Natural and technical sciences», (4), pp. 67-74. [in Russian language]
3. Kurlov A.V., Kirpichnikov A.P., Latypova R.R. (2016) The system of risks of an industrial enterprise on the basis of a modular principle. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. Kazan: Publishing house of KSTU, (6), pp. 108-114.[in Russian language]
4. Kurlov A.V. (2011) Proposals for the creation of an innovation system in the Russian Federation. LXIV International student scientific conference GUAP.in 2 volumes. Vol.1. Technical science. SPBGUAP. SPb.[in Russian language]
5. Kurlov A.V. (2012). Realization of innovations: the main problems and ways of their solution "/// LXV International student scientific conference GUAP. in 2 volumes. Vol.1. Technical science. SPBGUAP. SPb. [in Russian language]
6. Kurlov A.V. Semenova E.G. (2016). Mathematical model of the training of personnel in the industrial enterprise and its optimization. Questions of radio electronics. St. Petersburg: Publishing house of the CRI "Electronics", pp. 81-84.[in Russian language]
7. Kurlov A.V. (2016). Situational risk management of an industrial enterprise. Materials STC«The future of the enterprise - in the creativity of young», 28 May 2016, Innovative radioelectronics. SPb: Publishing house of JSC "NPP Radar mms", pp. 121-124.[in Russian language]

Information about authors:

Kurlov Aleksey Viktorovich

post-graduate student of the federal state autonomous educational institution of higher education «Saint Petersburg State University of Aerospace»
tel.: 8-921-566-54-59,
E-mail:alexeikurlov@gmail.com

GulevitskyAndreyYurievich

Associate Professor of the Department «Innovation and integrated quality systems», Ph.D., Associate Professor, federal state autonomous higher education institution «Saint Petersburg State University of Aerospace», tel: 8-905-255-94-83,
E-mail: angule@mail.ru

УДК: 331.108.2

DOI: 10.30987/article_5bfd98c5820e09.14697350

К.Ю. Помогаева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ (НА ПРИМЕРЕ МАРКЕТИНГОВОЙ КОМАНДЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОКОЛЕНИЯ Z)

Актуальность статьи заключается в изучении нового для современного рынка труда вида кадров. В статье приводятся результаты исследования работы маркетинговой команды представителей поколения Z посредством проведения эксперимента, подтверждены некоторые составляющие заявленной гипотезы о продуктивности команды, приведены доказательства негативного влияния автономности и наличия личных конфликтов на эффективность работы, обоснована необходимость обеспечения циркуляции идей внутри коллектива. Автором предложены возможные варианты устранения негативных последствий управления командами. Полученные результаты могут быть использованы при разработке новой методологии управления кадрами.

Ключевые слова: управление кадрами, маркетинговая команда, автономность, циркуляция идей, степень контроля, эффективность команды.

K.Yu. Pomogaeva

DETERMINING THE FACTORS AFFECTING THE PRODUCTIVITY OF SPECIALISTS OF A NEW GENERATION (ON THE EXAMPLE OF THE MARKETING TEAM OF THE REPRESENTATIVES OF THE GENERATION Z)

The relevance of this article is to study a new type of personnel for the modern labor market. The article presents the results of the marketing team work of representatives of the Z generation through an experiment, confirms some of the stated hypotheses about the team's productivity, provides evidence of the negative impact of autonomy and personal conflicts on work efficiency, justifies the need to ensure circulation of ideas within the team. The author suggests possible options for eliminating the negative consequences of team management. The obtained results can be used in the development of a new personnel management methodology.

Keywords. personnel management, marketing team, autonomy, circulation of ideas, degree of control, team effectiveness.

Введение

Основой функционирования любой компании являются ресурсы, которыми она обладает, в том числе и трудовые. Правильная мотивация кадров способна повлиять на общую эффективность организации. В период с 2017 по 2020 годы повышению продуктивности сотрудников стоит уделить повышенное внимание, т.к. в это время на рынке труда станут появляться представители наименее изученного на данный момент поколения Z (люди, рожденные после 1995 г.), приоритеты которого значительно отличаются от предпочтений старших поколений [2]. Анализ трудов экспертов в сфере управления кадрами (Е. Никонов, Е. Шамис, NeilHowe и др.) позволяет выделить такие отличительные особенности поколения Z, как стремление к принятию решений в проекте, предпочтение гибкого графика, смещение приоритетов в сторону горизонтального роста, желание постоянного развития.

Проведение эксперимента

Различия в мотивационных факторах разных поколений позволяет предположить, что одни и те же методы управления могут по-разному влиять работу зрелых и более молодых кадров, поэтому необходимо определить, как различные факторы влияют на эффективность работы молодых сотрудников. Основываясь на трудах BruceTulgan, Беляева И.Ю.,

Половинко В.С., Одегова Ю.Г., Евневич М.А., в которых определены особенности менеджмента для поколений X и Y, можно выдвинуть следующую гипотезу: небанальные сложные задачи, отсутствие межличностных конфликтов, автономность работы, разнообразный состав команды, ролевая структура (или динамическая ролевая структура), наличие обратной связи, доступность всех генерируемых участниками команды идей и четкая координация действий положительно влияют на эффективность совместной работы членов команды. Целью исследования автора стала проверка достоверности этой гипотезы для представителей поколения Z.

Поскольку сегодня организаций, команда которых состоит только из представителей поколения Z, нет, было решено привлечь к участию в исследовании команду-участника кейс-чемпионата, представители которой совместно участвуют в разработке проекта реального заказчика. Чтобы исключить фактор однообразности состава коллектива, в качестве объекта эксперимента была выбрана команда специалистов из сферы маркетинга (в рамках кейс-чемпионата «Маркеториум» СПбНИУ ИТМО), т.к. каждый член группы отличается направленностью своей деятельности. Все участники исследуемой группы являются представителями поколения Z (возраст варьируется от 20 до 22 лет). Группа участников эксперимента состоит из девяти человек: менеджер, аналитик, креатор, digital-специалист, контент-менеджер, дизайнер, стратег, медиапланер, дизайнер, - которым была поручена задача по разработке проектных решений для компании TS Solution, занимающейся обеспечением информационной безопасности. До начала исследования все участники команды работали в условиях периодического контроля со стороны менеджера. Эксперимент длился пять недель: с 4 ноября по 2 декабря. Деятельность команды во время эксперимента была ограждена от побочного влияния других команд-участников чемпионата. Перед началом исследования все члены команды дали согласие на обработку персональных данных в соответствии с ФЗ от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О персональных данных».

Эксперимент проводился в три этапа:

1. Скрытый эксперимент;
2. Опрос менеджера и анкетирование остальных участников;
3. Интервьюирование.

На первом этапе группа была разделена менеджером на две команды по четыре человека. Каждой команде была поручена задача по разработке проектных решений для создания веб-сайта по продаже сетевого оборудования. Одна часть команды работала в условиях постоянного контроля и отчетности, вторая получила задание, которое выполняла автономно до установленной даты сдачи работы. Члены команд не были осведомлены о различиях в управлении их работой. Целью данного этапа стала проверка части гипотезы о положительном влиянии автономности на продуктивность команды.

На втором этапе был проведен опрос менеджера и анкетирование участников команд. Результаты, полученные от руководителя проекта, представлены в таблице 1 (оценка эффективности работы команд проводилась менеджером по 5-бальной шкале).

Таблица 1. Сравнительная оценка команд-участников эксперимента

	Команда 1 (контролируемая)	Балл	Команда 2 (автономная)	Балл
Количество идей	3	5	2	4
Качество идей	Высокое	5	Среднее	4
Реализуемость идей	Абсолютная экономическая и физическая реализуемость	5	Экономическая нереализуемость половины идей	3
Вовлеченность команды	Высокая	5	В зависимости от трудности подзадач	3
Время выхода команды на эффективность	С момента получения задачи	5	С момента получения задачи	5
Итого		25		17

Полученные данные позволяют опровергнуть часть заявленной гипотезы о положительном влиянии автономности на работу команды, что говорит о необходимости выбора собственного набора правил управления специалистами нового поколения.

Однако нельзя исключать фактор индивидуальной адаптации сотрудников (все участники оказались в новых условиях труда), поэтому необходимо понять их отношение к применяемому виду контроля. С этой целью было проведено анкетирование участников команд. На рисунке 1 представлены данные ответа на вопрос: «Опишите условия работы над проектом с точки зрения степени контроля».

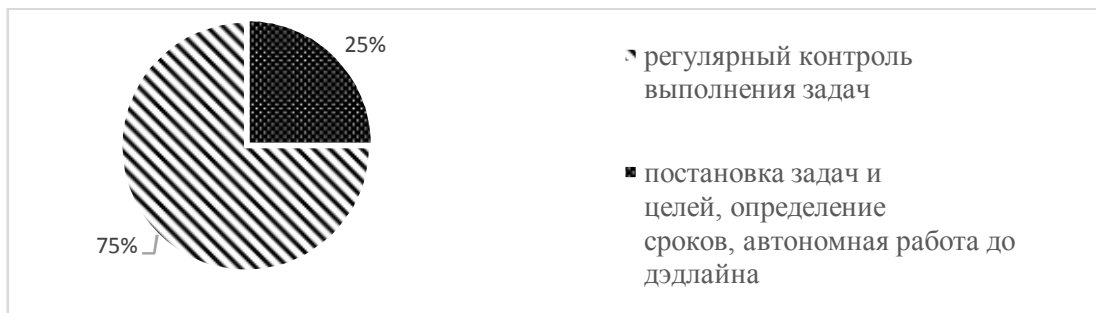


Рис. 1. - Распределение оценок членами обеих команд степени контроля их работы

Из диаграммы видно, что 75 % (из них – 2 члена автономной команды, 4 члена контролируемой команды) участников эксперимента определили стиль руководства как регулярный контроль, что не соответствует исходным условиям эксперимента. В ходе интервьюирования руководителя было установлено, что часть представителей автономной команды продолжала выполнять промежуточные отчеты, чтобы (с их слов) понимать правильность текущей работы, получая обратную связь от менеджера. На рисунке 2 представлены данные оценки участниками контролируемой и автономной команд комфортности работы в созданных условиях.

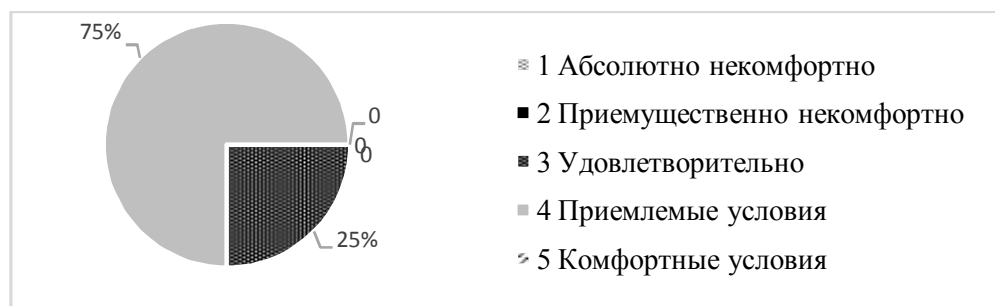


Рис. 2. - Распределение мнений представителей обеих команд о комфортности работы в созданных условиях

Преимущественное число (75 %) респондентов определили уровень комфорта работы над задачей как приемлемый (4 балла). Из них сотрудники, предоставлявшие регулярные отчеты, составили 100 % (4 участника контролируемой команды и 2 участника автономной). Вторая часть опрошенных (25 %) поставили более низкую оценку (3 балла – удовлетворительно). В число этих респондентов попали только сотрудники, работавшие автономно (2 члена автономной команды). Опрос на уровень комфорта работы в условиях контроля или автономности позволил определить, что переход сотрудников к более автономной работе отрицательным образом сказывается на выполнении поставленных задач.

На рисунке 3 представлены данные оценки собственной продуктивности членов команды (по 5-бальной шкале, где 1 балл – «непродуктивно», а 5 баллов – «максимальный уровень продуктивности»).

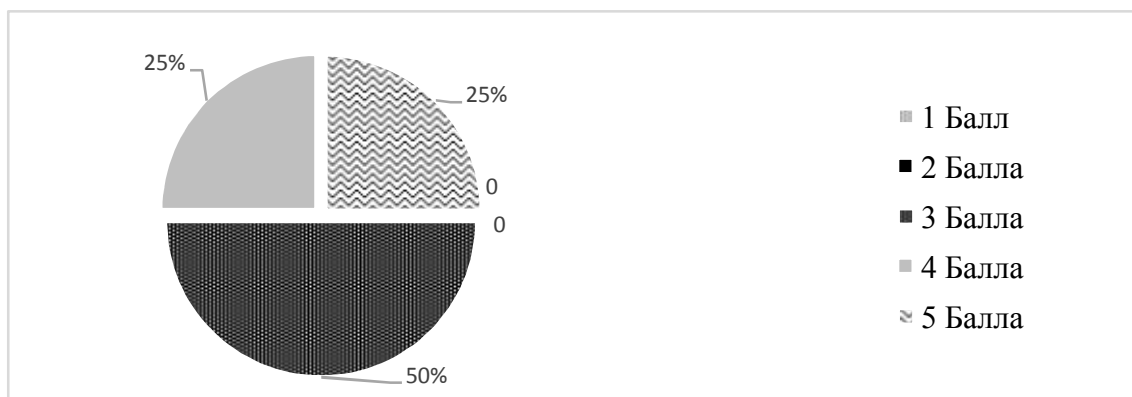


Рис. 3. - Оценка участниками эксперимента собственной продуктивности в работе над проектом

Наивысшую оценку своей работе дали два участника эксперимента (один из автономной команды, другой из контролируемой), половина респондентов оценила свою продуктивность как удовлетворительную (три из контролируемой команды, один из автономной). Основываясь на этих данных, можно сделать вывод, что полная автономность работы может повлиять на переоценку качества ее выполнения, что, в конечном итоге, может оказать влияние на уровень решения поставленной задачи. На рисунке 4 представлены ответы на вопрос: «С какими трудностями во время работы Вы столкнулись?»

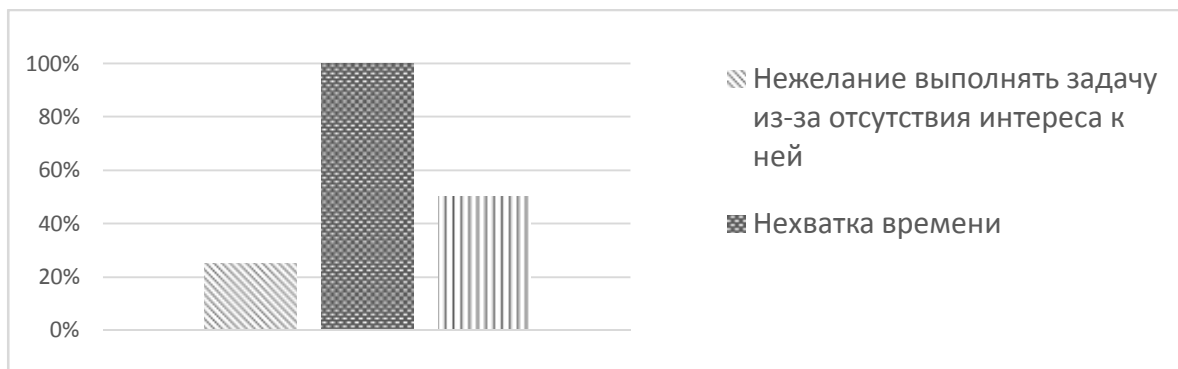


Рис.4. - Трудности, влияющие на работу сотрудников

Этот вопрос позволил определить влияние и других факторов на продуктивность команды. Как уже было сказано, постановка труднодостижимых задач оказывает положительное воздействие на эффективность работы. 25% опрошенных указали, что из-за отсутствия интереса к задаче испытывали сложности в работе, что подтверждает озвученную гипотезу. 100% опрошенных отметили, что испытывали нехватку времени. Это говорит о том, что важную составляющую управления современной командой должны составлять тайм-менеджмент и мотивация сотрудников. 50% респондентов выделили препятствие в виде сложности генерации новых идей. Для минимизации влияния этого фактора стоит обратить внимание на повышение интереса команды к задаче, налаживанию процесса обмена идеями.

Результаты эксперимента

В результате интервьюирования, проведенного на третьем этапе эксперимента, также были определены причины возможного снижения эффективности работы. Индивидуальные ответы участников команд приведены ниже:

– «Я не знаю, какие результаты получены членами другой команды, поэтому трачу время на проработку каждой идеи».

– «Наличие личных конфликтов и переход от профессиональных разногласий к

негативному отношению членов команды друг к другу снижает мою вовлеченность в решение задачи».

–«Мне важно получать обратную связь от руководителя, т.к. я хочу понимать, в каком направлении двигаться».

–«Сильное давление со стороны менеджера вызывает противодействие с моей стороны».

–«Я недовольна выбором конечного решения, т.к. многие перспективные идеи не были рассмотрены».

Интервьюирование показало, что есть множество аспектов, способных снизить эффективность работы. Первое и последнее высказывания подтверждают часть заявленной ранее гипотезы о том, что открытый доступ участников команды к идеям друг друга, а также открытость идеям членов команды может как улучшить качество итогового решения, так и сократить временные потери. Остальные ответы приводят к выводу, что наличие личных конфликтов, отсутствие обратной связи и давление со стороны руководства способны снизить интерес к работе и продуктивность в целом.

В результате исследования удалось как подтвердить некоторые, приведенные в гипотезе, обстоятельства, повышающие эффективность работы команды, так и поставить под сомнение положительное влияние фактора автономности на работу представителей поколения Z. Учитывая, что существующие методики управления ориентированы на более старшие поколения, составляющие кадровый рынок, необходимо проводить дальнейшие исследования особенностей менеджмента для специалистов поколения Z, чтобы в дальнейшем разработать универсальную методику, способную учесть сходства и отличия сотрудников и повысить эффективность работы команд интеллектуальных специалистов различных возрастов.

Список литературы:

1. Журавлев, А.Л., Нестик, Т.А. Совместное творчество как ресурс деятельности организации: состояние и перспективы исследований// Психологический журнал. М.: Изд-во: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука». 2011г. С. 3-21.

2. Хитрая, Е.В., Кобылякко, Т.В. Особенности функционирования креативных команд в современных условиях хозяйствования// Экономический вестник Донбасса. Старобельск: Изд-во.: Институт экономики промышленности НАН Украины. 2013г.

3. Тулган Б. Не всем достанется приз. Как управлять поколением Y/пер. с англ. Э. Кондуковой. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.

References:

1. Zhuravlev, AL, Nestik, T.A. (2011). Joint creativity as a resource of the organization: the state and prospects of research. Psychological journal. Moscow: Publishing House: Federal State Unitary Enterprise "Academic Scientific-Publishing, Production and Printing and Bookselling Center" Science ", pp. 3-21.[in Russian language]

2. Khitraia, EV, Kobylanko, T.V. (2013). Peculiarities of the functioning of creative teams in the current conditions of economic management. Ekonomicheskii vestnik Donbassa. Starobelsk: Publishing House: Institute of Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine. [in Russian language]

3. Tulgan B. (2017). Not Everyone Gets A Trophy: How to Manage Generation Y. trans. from English. E. Kondukova. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber. [in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 27.12.17.

*Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Подвесовский А.Г.*

Статья принята к публикации 07.09.18

Сведения об авторах:

Помогаева Ксения Юрьевна
студент 1 курса магистратуры СПбНИУИТМО
Телефон: 89102962552
E-mail: cool.kotop@yandex.ru

Information about authors:

Pomogaeva Ksenia Yuryevna
1st year Master's student of University ITMO
tel.: 89102962552
E-mail: cool.kotop@yandex.ru

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).

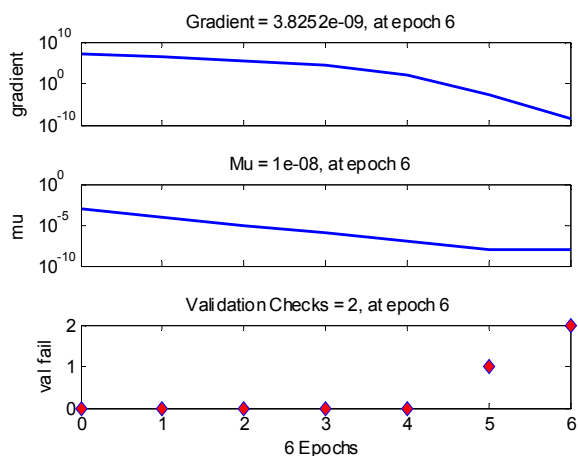


Рис. 2. - Обучение нейронной сети

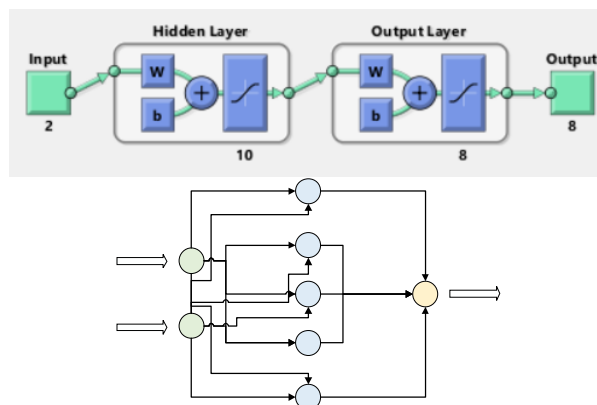


Рис. 3. - Структура нейронной сети

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.

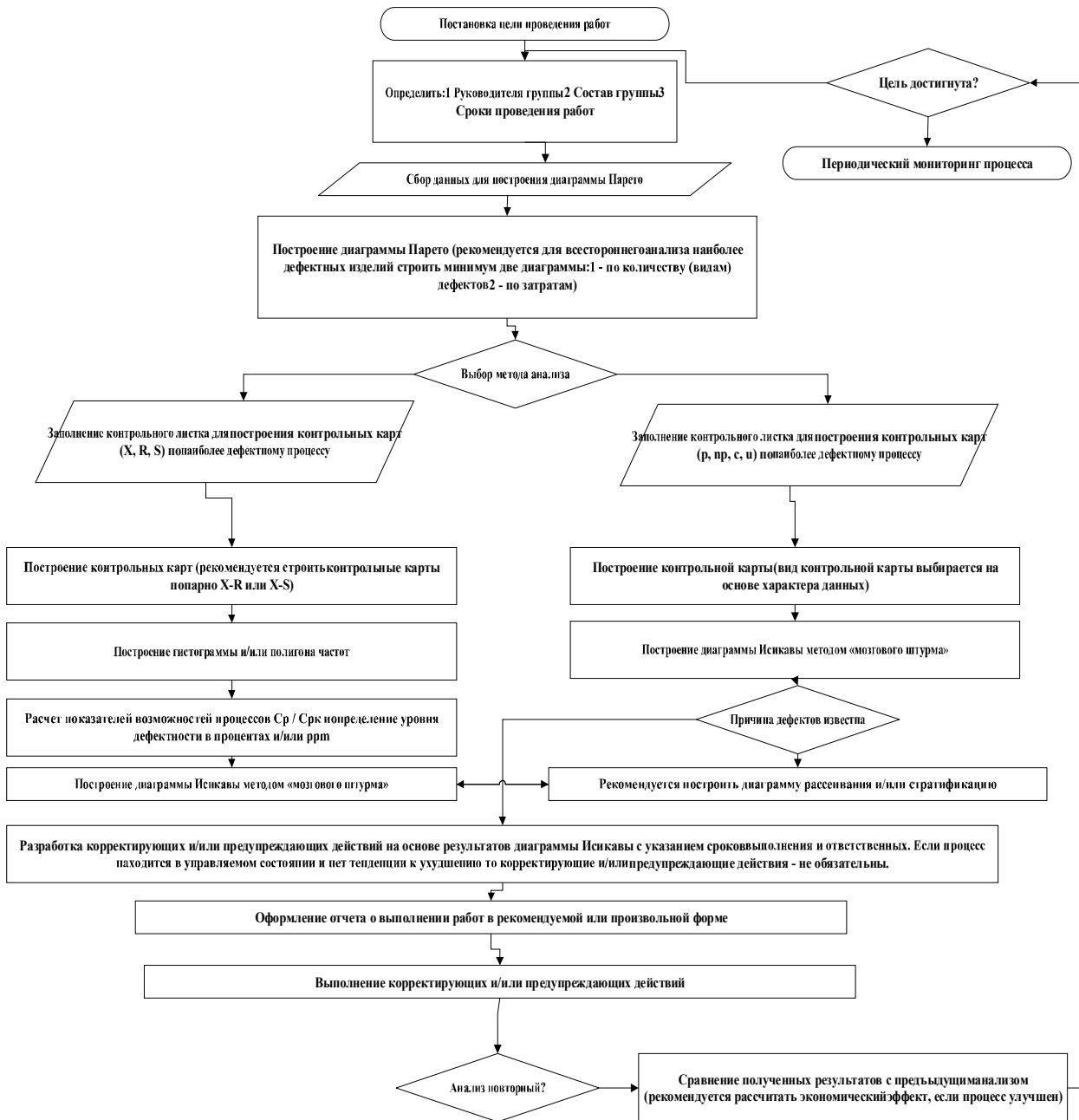


Рис. 4. - Методика проведения работ по снижению уровня дефектности с использованием статистических методов управления качеством в аддитивном производстве

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 %.

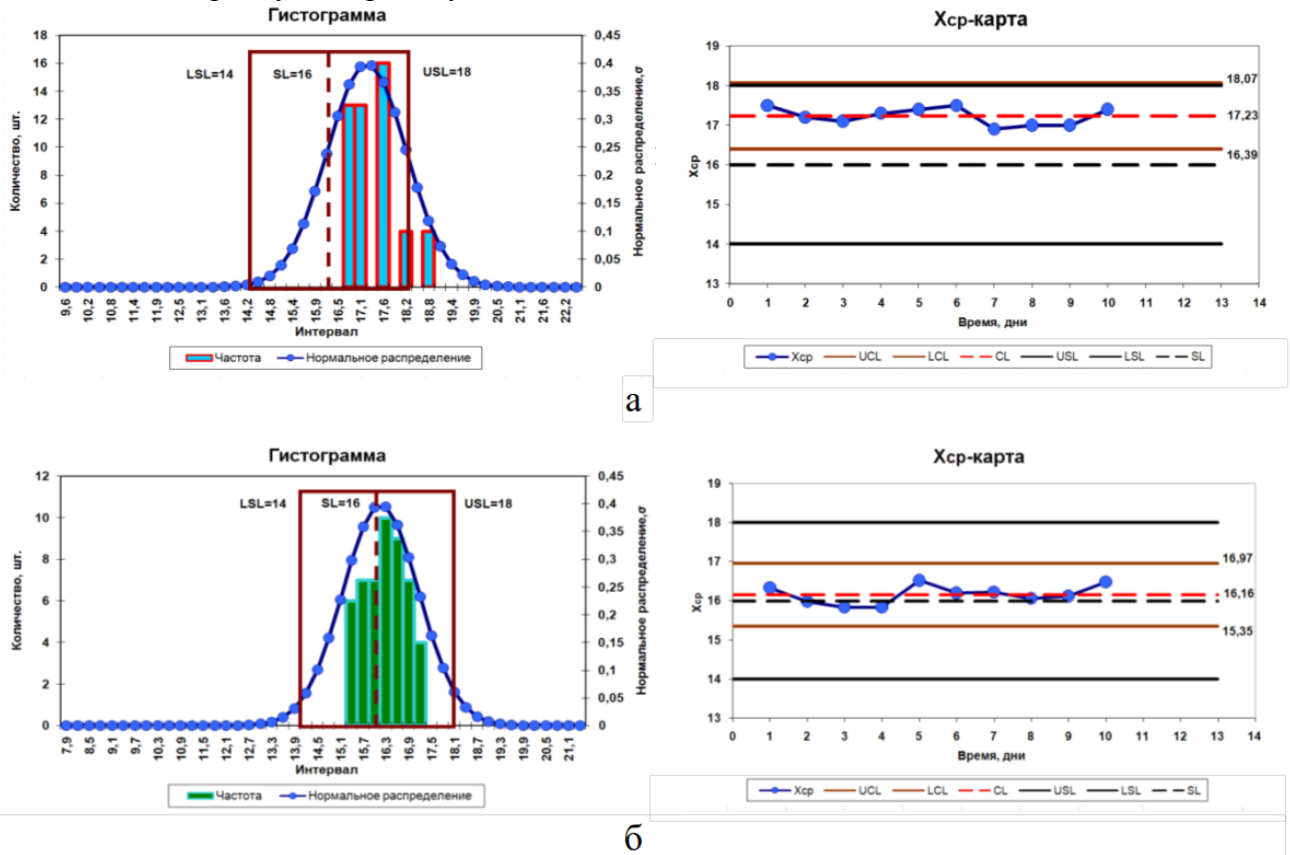


Рис. 5. - Текущее состояние технологического процесса производства корпуса РЭА до (а) и после (б) реализации корректирующего действия: LSL - нижняя граница поля допуска; SL – середина поля допуска; USL – верхняя граница поля допуска; LCL - нижняя контрольная граница; CL – средняя контрольная линия; UCL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

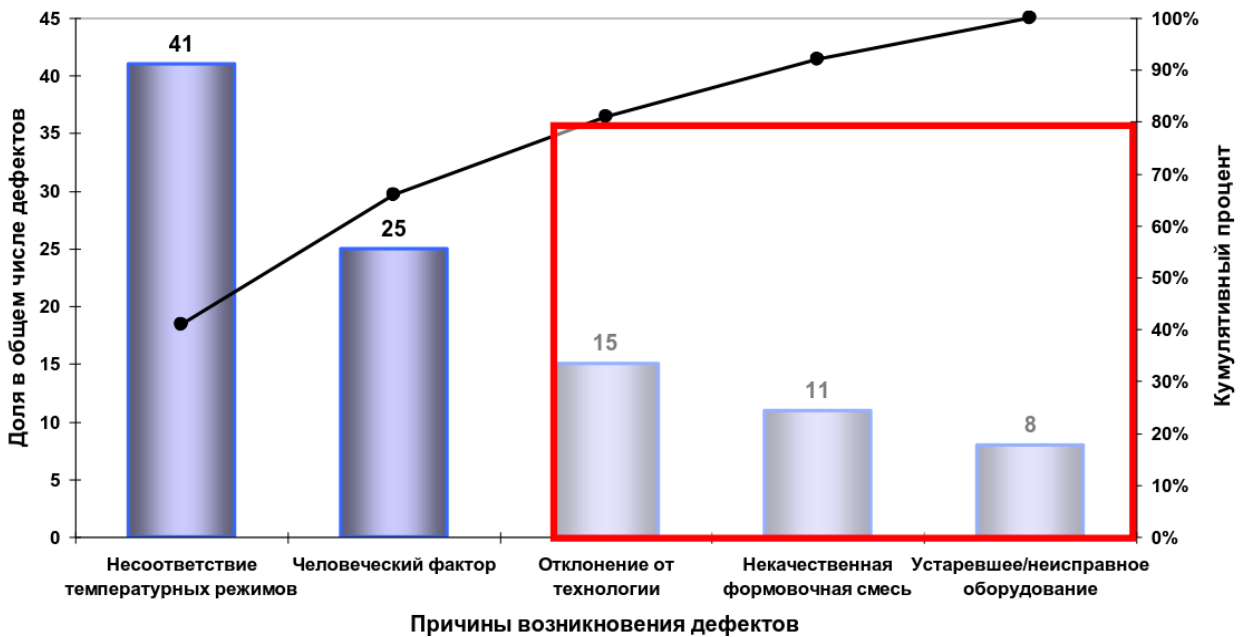


Рис. 6. - Диаграмма Парето причин возникновения дефектов

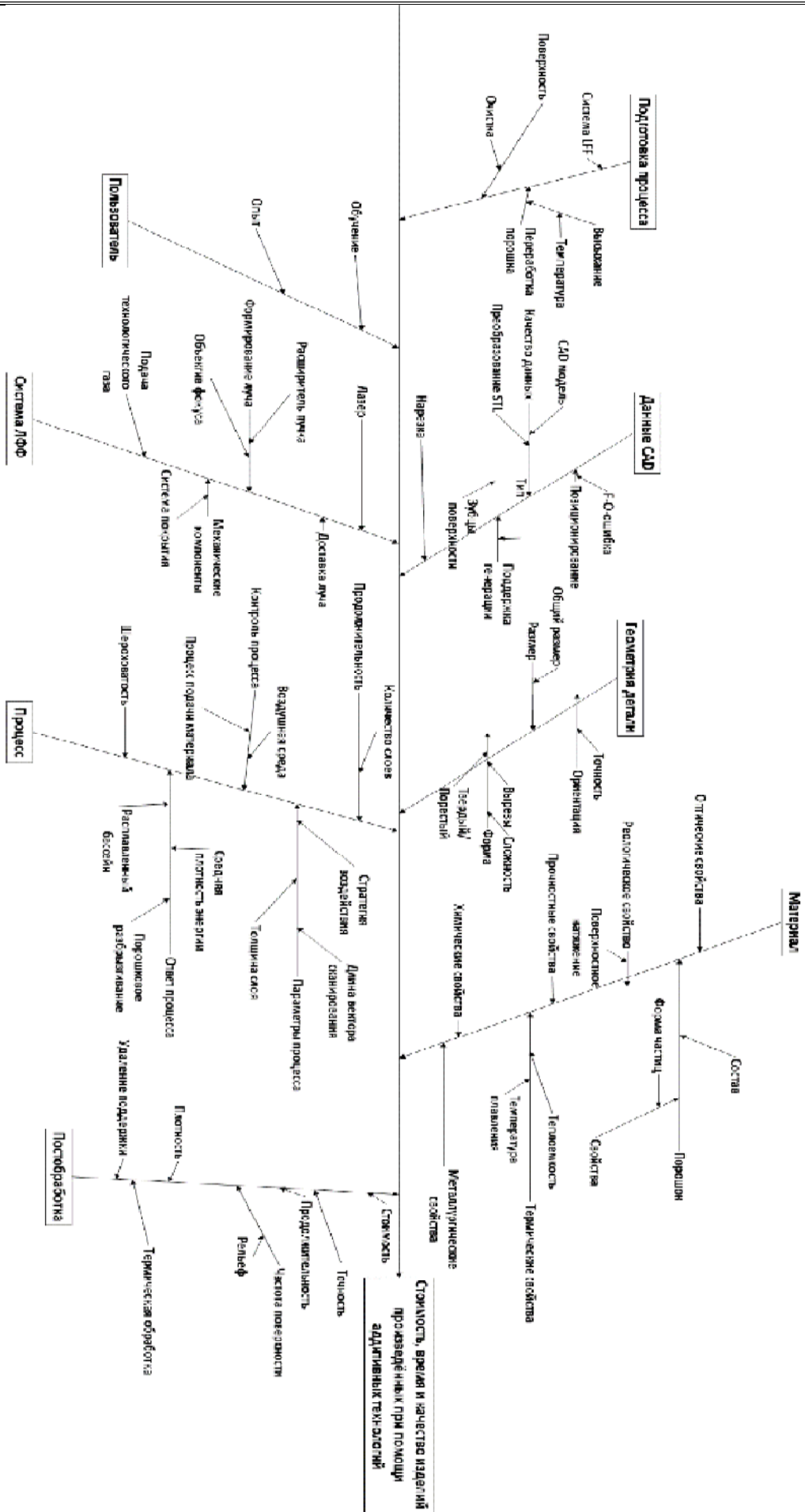


Рис. 7. - Причины несоответствий послыогного наложения полимерной нити

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).

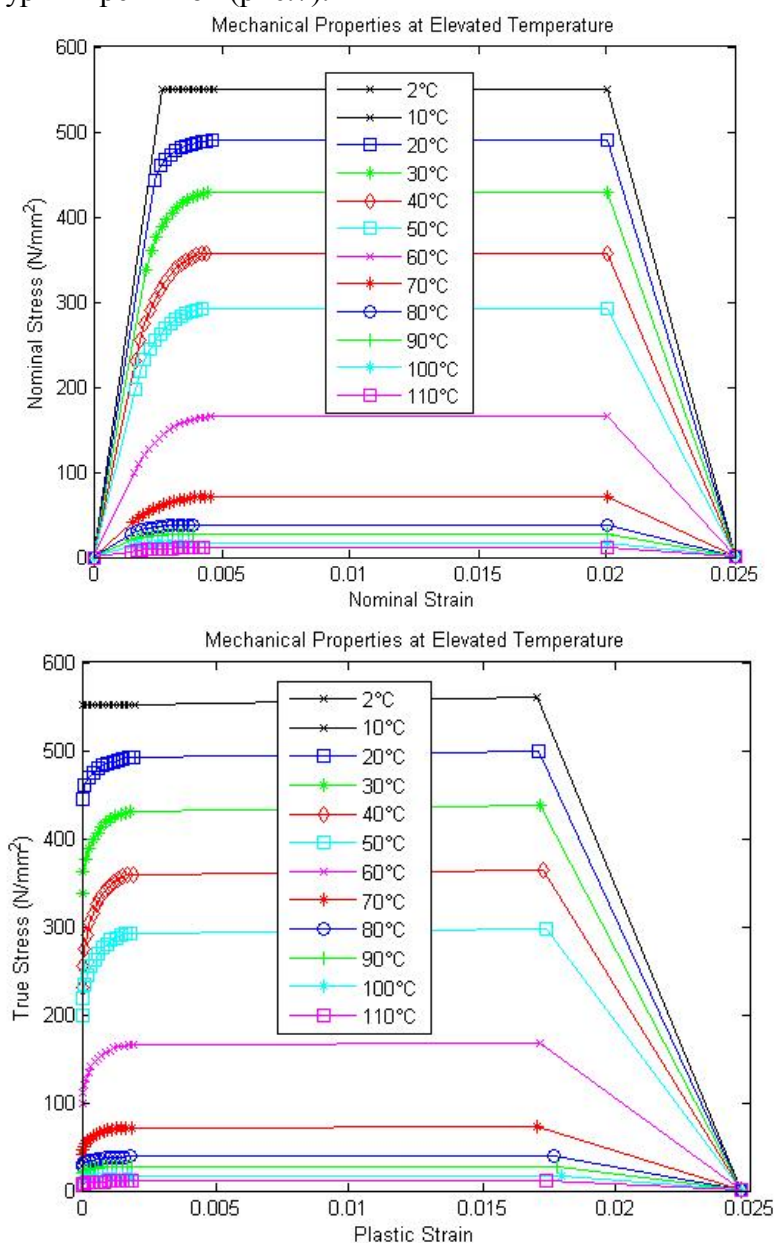


Рис. 8. - Расчёт максимальных нагрузок при различных температурах корпуса РЭА произведённого по МПН технологии

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/> (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, Bolshaya Morskaya, 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

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРХМАЛЫХ ДИАМЕТРОВ

Изучается процесс автоматизации производственного процесса при нарезании резьбы в отверстиях сверхмалых диаметрах ($d \leq 1,4$) в деталях из алюминиевого сплава на высокопроизводительных обрабатывающих центрах. Предложена принципиальная схема обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра на высокопроизводительных обрабатывающих центрах с применением лезвийной анодно-механической обработки (АМО).

Ключевые слова: нарезание резьбы, сверхмалый диаметр, надёжность процесса, количество отказов, автоматизация процесса.

M.V. Yagodkin

AUTOMATION OF MACHINING OF THREADED HOLES OF ULTRA-SMALL DIAMETERS

The process of automation the production when cutting threads in holes of ultra small diameters ($d \leq 1,4$) in aluminum alloy parts on high-performance machining centers is studied. The schematic diagram of machining of ultra-small-diameter threaded holes on high-performance machining centers using anodic-mechanical machining (AMO) is proposed.

Key words: threading, ultra-small diameter, process reliability, number of failures, process automation.

Введение

В современном машиностроении нарезание резьбы метчиком в отверстиях сверхмалых диаметров является сложной технологической задачей. Трудности обусловлены пониженной прочностью инструмента, сложностью подвода смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зону резания и отвода из неё образовавшейся стружки [1, 2]. В результате этого процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров характеризуется низкой надёжностью и на производстве операция выполняется вручную слесарями высокой квалификации.

Целью данной работы является разработка способов автоматизации производственного процесса при резьбонарезании в отверстиях сверхмалых диаметров при обработке деталей на высокопроизводительных обрабатывающих центрах.

Проведение исследований

Исследования проводились при нарезании резьбы М0,8, М1,4 в предварительно просверленных отверстиях в алюминиевых сплавах марки АМг6.М ГОСТ 21631 – 76 с использованием АМО. Обработка производилась на станке «Фрезерная система с ЧПУ SP2215» с режимами $V = 30$ м/мин, Качество получаемой резьбы контролировалось Калибр-пробка М0,8х0,2 5Н6Н; М1,4х0,3 5Н6Н ГОСТ 17756 – 72.

Как было установлено в работе [3] формирование осевого момента на оси режущего инструмента при обработке обычных резьбовых отверстий и резьбовых отверстий сверхмалых диаметров имеют разный вид. Основной разницей в формировании момента служит стабилизация величины момента на оси режущего инструмента в процессе нарезания резьбы после полного захода заборного конуса рабочей части инструмента при обработке отверстий обычной резьбы. В свою очередь, при обработке резьбовых отверстий сверхмалых диаметров формирование момента на оси режущего инструмента выглядит как гипербола, стремящаяся к бесконечности, на участке с резким увеличением осевого момента режущий инструмент практически не перемещается по длине нарезаемого резьбового отверстия,

фактически происходит заклинивание метчика и дальнейшая обработка приведёт к слому инструмента в отверстии привода к браку изделия. Во избежание поломки режущего инструмента в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров осуществляется принудительный реверсный ход, при котором осуществляется полное удаление инструмента из обрабатываемого отверстия для удаления стружки из стружечных канавок метчика и отверстия.

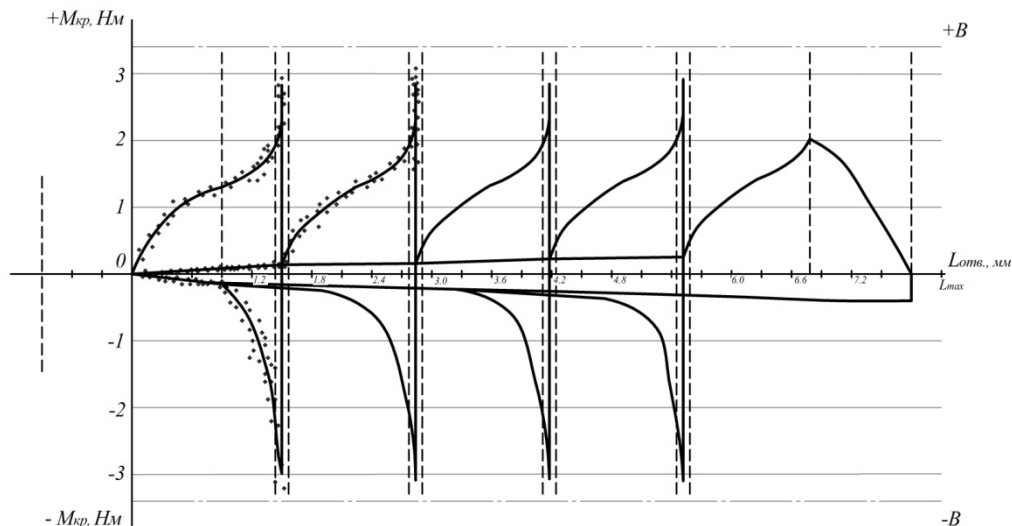


Рис. 1. - Формирование осевого момента резания при обработке отверстий М1,4×0,3

Применение реверса несёт в себе ряд отрицательных факторов, первое из которых является увеличение длины перемещения режущего инструмента в процессе резания, что приводит к увеличению машинного времени и удорожанию производства.

Как было показано в работе [4] к следующему отрицательному фактору относится, остаток корней стружки большей или меньшей длины, что зависит от ряда факторов. При обратном вращении метчика каждый его зуб должен смять, так называемую, «донную» стружку, на что требуется крутящий момент существенно больший момента при прямом вращении. В работе [5] было показано, что в случае попадания стружки при реверсе под режущий зуб метчика осевая сила достигает значительных величин и превосходит осевую силу резания в 10-30 раз. Это может приводить к поломке зуба и к явлению повторного заклинивания.

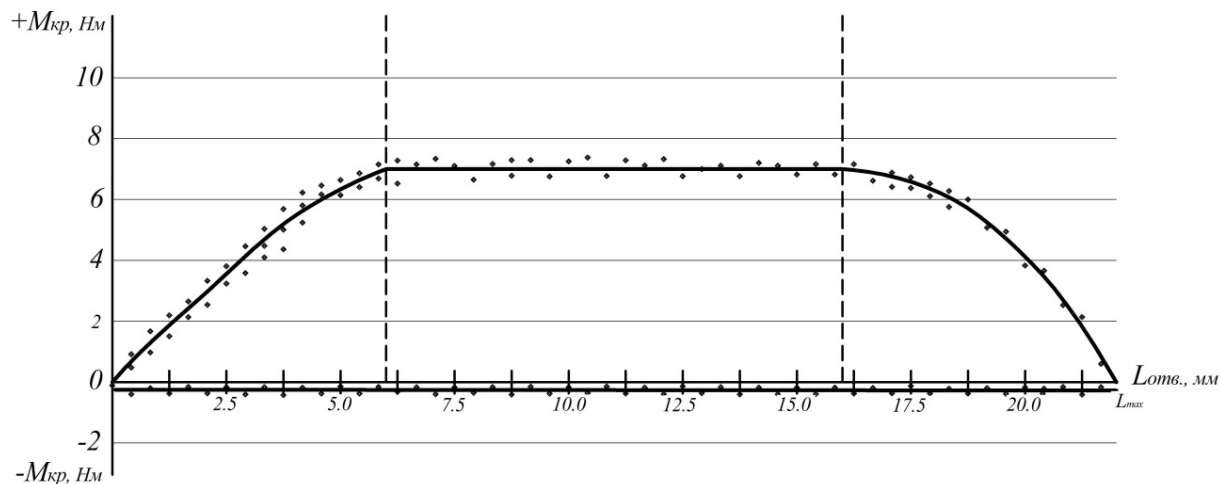


Рис. 2. - Формирование осевого момента резания при обработке отверстий М8×1,25

Не маловажным фактором, которое необходимо учитывать при обработке отверстий сверхмалых диаметров при обработке на высокопроизводительных обрабатывающих центрах это возможность точного определения длины прямого рабочего хода до формирования момента, при котором происходит заклинивание режущего инструмента.

Программирование системы ЧПУ для осуществления принудительно реверсного хода, при котором обработка будет осуществляться, с применением частых реверсов до формирования значительных величин моментов резания при прямом ходе возможна, но как было сказано ранее, величина момента на оси режущего инструмента при реверсе численно равна или выше осевого момента прямого хода, а с учётом сниженной жёсткости режущего инструмента приведёт к снижению надёжности обработки.

В работе [6] экспериментально было установлено, что введение в процесс обработки частых реверсных ходов при обработке отверстий сверхмалых диаметров не способствует увеличению надёжности механической обработки.

В работе [7] было установлено, что применение вязких СОТС при обработке резьбовых отверстий сверхмалых диаметров приводит лишь к незначительному увеличению надёжности процесса, но не решает основных проблем обработки. Так же подача СОТС под высоким давлением с обратной стороны обрабатываемого отверстия, так же не дала желаемого результата.

В работе [8] показано, что при обработке отверстий сверхмалого диаметра образуется сливная стружка, которая не скалываясь заполняет стружечную канавку непосредственно возле режущего зуба метчика, а так как объём стружечных канавок меньше чем объём сходящего металла в процессе резания происходит заклинивание инструмента в отверстии.

Для обеспечения надёжности механической обработки резьбовых отверстий сверхмалого диаметра с применением высокопроизводительных обрабатывающих центров была предложена принципиальная схема анодно-механической обработки (АМО).

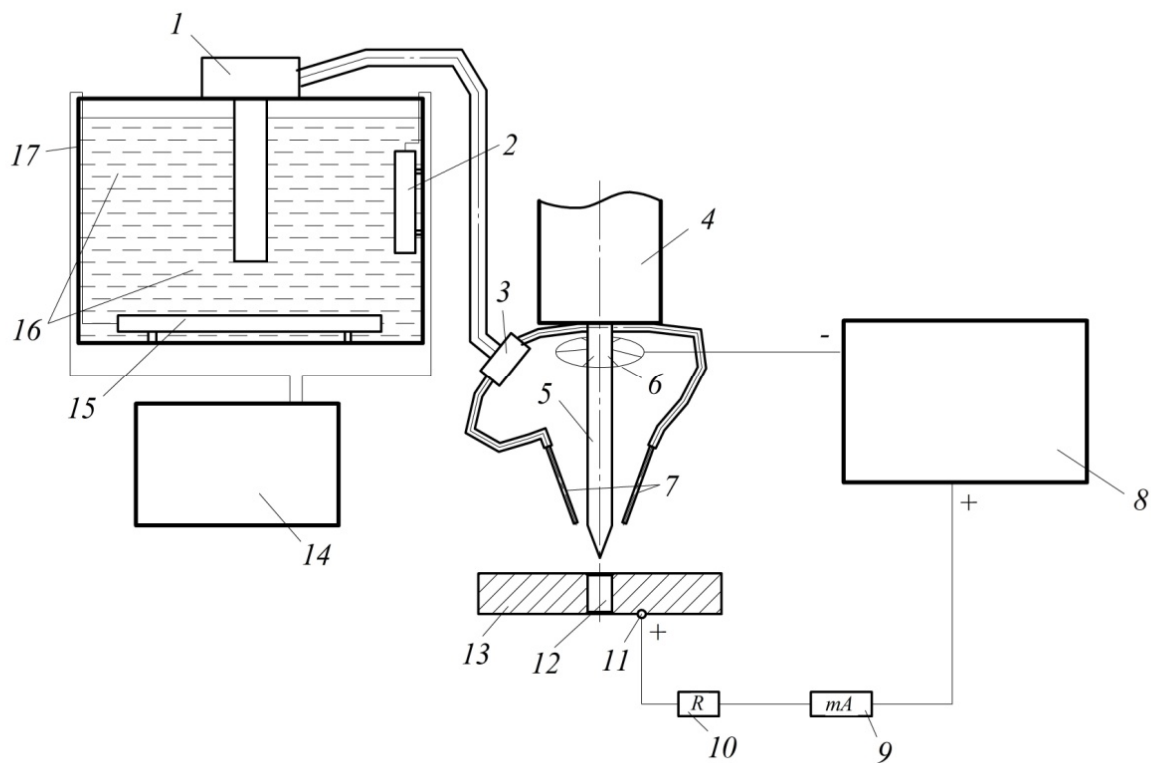


Рис. 3. - Принципиальная схема лезвийной анодно-механической обработки отверстий сверхмалых диаметров

Где: 1 – компрессор; 2 – датчик температуры; 3 – распределительный клапан; 4 – патрон; 5 – режущий инструмент; 6 – медные контакт, в виде щёток соприкасающийся с режущим инструментом; 7 – 4-ре металлические иглы; 8 – источник питания тока; 9 – микроамперметр; 10 – переменный резистор; 11 – медные контакты, соприкасающиеся с заготовкой; 12 – подготовленное отверстие; 13 – заготовка; 14 – микро контроллер; 15 – устройство подогрева электролита; 16 – электролит; 17 – ёмкость под электролит.

Схема предлагает последовательное воздействие на обрабатываемую заготовку, сначала механическое с образованием стружки, затем сразу электрохимическое, анодное растворение в среде электролита сходящей стружки непосредственно в стружечных канавках метчика. При этом не ставится задача полного растворения сошедшей стружки, а для уменьшения объёма и изменения формы для лучшего сегментирования и вывода из зоны резания под воздействием СОТС. Процесс нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров с применением АМО разделяется на 2 части которые работают параллельно. В первой части деталь проходит механическую обработку, а потом происходит электрохимическая обработка. При этом подаваемый электролит используется в качестве СОТС при механической обработке. Перед подачей напряжения необходимо осуществить касание режущего инструмента к заходной фаски подготовленного отверстия (12). Заготовка (13) подключается к положительному полюсу источника питания тока (8). Контакты (11), соприкасающиеся с заготовкой, изготовлены из медной проволоки. Отрицательный электрод (6) выполняется в виде щёток и замыкается на хвостовике режущего инструмента (5). При обработке, в зону резания под давлением создаваемое компрессором (1) из ёмкости (17) подаётся раствор электролита (16), на распределительный клапан (3) который распределяет поток жидкости на четыре металлические иглы (7) расположены под углом 15° относительно оси режущего инструмента, сопла которых располагаются непосредственно возле обрабатываемого отверстия (12). В связи со значительным влиянием температуры на удельную электропроводность водных электролитов в принципиальной схеме присутствует микро контроллер (14) снимающий сигналы с датчика температуры (2) и посылающий команды устройству подогрева (15) довести электролит до требуемой температуры в 40°C . Таким образом, в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров сначала происходит отделение стружки под влиянием механического воздействия, стружка пакетируется в стружечных канавках и под влиянием подаваемого электролита и электрического тока частично растворяется, изменяясь в объёме, что приводит к её сегментированию и дальнейшему удалению из зоны резания под воздействием СОТС.

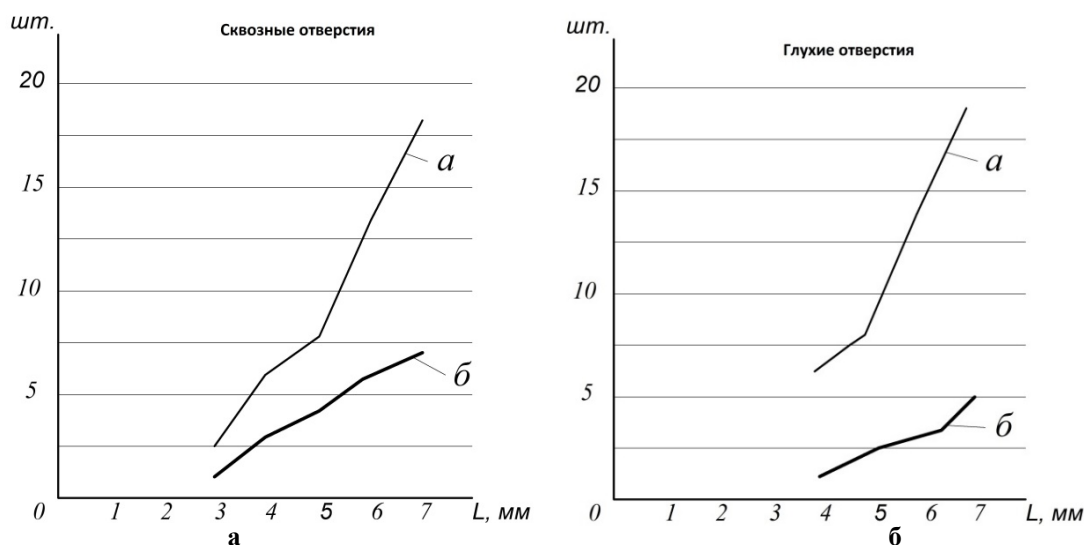


Рис. 4. - Количество отказов при нарезании резьбы в сквозных и глухих отверстиях- обработка в среде СОТС; б – обработка с АМО

В результате использования данной схемы обработки формирование момента на оси режущего инструмента стал иметь вид аналогичный, как и при обработке резьбовых отверстий крупных диаметров. Удалось в средней величине стабилизировать фактическое значение момента, что привело к значительному повышению надёжности процесса резания.

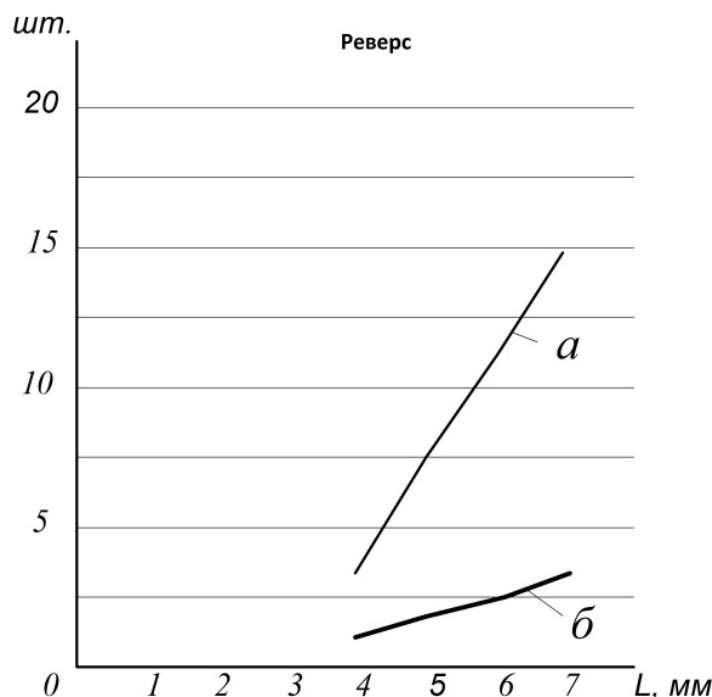


Рис.5. - Количество отказов при нарезании резьбы в момент реверса

По сравнению с традиционными методами обработки с применением СОТС, процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметрах с применением АМО обладает рядом преимуществ;

- Применение АМО позволяет получить больше эффекта, тем самым значительно повышается надёжность процесса обработки отверстий сверхмалых диаметров.

- Применение АМО позволяет значительно снизить величину крутящего момента на оси режущего инструмента в процессе резания, за счёт постепенного вытравливания сходящей стружки в среде электролита непосредственно в стружечных канавках.

- Применение АМО позволяет уменьшить число реверсных ходов в процессе нарезания резьбы в отверстиях сверхмалых диаметров с $6\div 7$ до 1.

- Применение АМО практически со сто процентной вероятностью исключает заклинивание режущего инструмента в момент начала реверсного хода.

- В процессе резания с применением АМО имеется возможность регулировать параметры обработки резьбовых отверстий. С помощью изменения значений выходного напряжения, а также изменения концентрации присадки в виде раствора и изменения соотношения присадки СОТС возможно оказывать влияние на скорость травления, регулировать скорость вращения режущего инструмента.

- Применение АМО позволяет автоматизировать процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра и вести их на высокопроизводительных обрабатывающих центрах, избегая ручных операций.

Заключение

Таким образом, произведённые исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет повысить надёжность операции резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров по сравнению традиционной схемой обработки с применением СОТС.
2. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет с высокой долей вероятности исключает эффект заклинивания режущего инструмента в момент реверса.
3. Применение предложенной схемы лезвийной анодно-механической обработки позволяет автоматизировать процесс резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра и вести их на высокопроизводительных обрабатывающих центрах, избегая ручных операций.

Список литературы:

References:

1. Черкасова Н.Ю. Повышение качества обработки отверстий в алюминиевых сплавах на основе применения режущего инструмента с покрытием: дис. канд. тех. наук. М., 2010. 210 с.
2. Блинов Р.М. Разработка способов удаления стружки при соответствующем управлении её формы с целью повышения надёжности работы метчиков при нарезании резьбы в глухих отверстиях: дис. канд. тех. наук. М., 2005. 184 с.
3. Куликов М.Ю., Ягодкин М.В. Исследования надёжности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалого диаметра // Кабардино-Балкария: Известия КБГУ. 2015. №5. С. 61-62.
4. Толмачев С.А. Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях стальных деталей: Дис. канд. техн. наук. М., 2001. 143с.
5. Куликов М.Ю., Ягодкин М.В. Особенности процесса резьбонарезания в отверстиях сверхмалых диаметров // Брянск: Вестник БГТУ. 2016. №3. С.153-156.
6. Евстегнеева О.Н. Повышение надёжности работы метчиков при нарезании резьб в глухих отверстиях конструктивно-технологическими методами: Дис. канд. техн. наук. М., 2003. 136с.
7. Рыкунов, А.Н. Теплофизический анализ лезвийной обработки с малыми толщинами среза // Рыбинск: Вестник ВВО АТН РФ; РГАТА. 2010. №1. С. 128-134.
8. Отверстия под нарезание метрической резьбы ГОСТ 19257-73.
9. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры ГОСТ 17756-72.
1. Cherkasova N.Yu. (2010). Improving the quality of hole processing in aluminum alloys based on the use of a coated cutting tool: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
2. Blinov R.M. (2005). Development of methods for removing chips with appropriate control of its shape in order to improve the reliability of tapping operations when threading in blind holes: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
3. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V. (2015). Investigations of the reliability of the thread cutting process in holes of ultra-small diameter. Kabardino-Balkaria: Proceedings of Kabardino-Balkarian State University, (5), pp. 61-62. [in Russian language]
4. Tolmachev S.A. (2001). Increase of reliability of taps during threading in blind holes of steel parts: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
5. Kulikov M.Yu., Yagodkin M.V. (2016). Features of the process of thread cutting in holes of ultra-small diameters. Bryansk: Bulletin of BSTU, (3), pp. 153-156. [in Russian language]
6. Evstegneeva O.N. (2003). Increase of reliability of taps at threading in blind holes by construction and technological methods: diss. Candidate of Engineering Sciences. Moscow. [in Russian language]
7. Rykunov, A.N. (2010). Thermophysical analysis of blade processing with small shear thicknesses. Rybinsk: Vestnik VBO ATN RF; RGATA, (1), pp. 128-134. [in Russian language]
8. Holes for cutting metric threads No. GOST 19257-73. [in Russian language]
9. Corks threaded with inserts with a complete thread profile with a diameter of 1 to 100 mm. Design and main dimensions No. GOST 17756-72. [in Russian language]

Статья поступила в редколлегию 25.04.18.

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

Статья принята к публикации 07.09.18.

Сведения об авторах:

Ягодкин Максим Викторович

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Институт конструкторско-технологической
информатики Российской академии наук,
Россия, Москва, 127055, Вадковский пер., д.18 стр. 1А
Аспирант
т. 8(909) 691 09 15
E-mail: yagodkin.maksim.513@mail.ru

Information about authors:

Yagodkin Maxim Viktorovich

Federal State Budgetary Institution of Science
Institute of Design and Technology Informatics
Russian Academy of Sciences,
Russia, Moscow, 127055, Vadkovsky per., 18 struc.1A
Post-graduate student
tel.: 8 (909) 691 09 15
E-mail: yagodkin.maksim.513@mail.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Брянский государственный технический университет"
Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Телефон редакции журнала: (4832) 56-49-90. E-mail: aim-pu@mail.ru
Вёрстка А.А. Алисов. Корректор А.Ю. Малюкина.
Сдано в набор 04.09.2018. Выход в свет 29.11.2018.
Объём 50 Мб. ОЗУ 512 Мб. Internet Explorer, Adobe Reader 5.0 и выше.

