

Актуальность

В настоящее время промышленные предприятия функционируют в условиях рыночной экономики, одной из основных особенностей которой является конкуренция. Таким образом, в современных экономических условиях повышение эффективности производственного процесса за счет оптимизации его технологических параметров является одной из первостепенных задач промышленного предприятия.

Оптимизация технологического процесса основывается на детальной модели процесса изготовления изделия, описывающей изменение его состояния в виде набора параметров. На основе цифровой модели оптимизируются целевые показатели путем изменения значений управляющих параметров в заданном диапазоне значений.

С точки зрения процесса управления, технологический процесс механической обработки является структурно сложным объектом управления и представляет собой четкую последовательность промежуточных состояний изделия в процессе изменения структуры и свойств исходной заготовки. Результатом управления данным процессом является набор оптимальных значений технологических параметров, способствующих достижению промежуточных состояний изделия, соответствующих заданным требованиям. В данном случае задача сводится к формированию наилучшей – оптимальной стратегии управления в рамках многоуровневой иерархической системы. Общее целевое состояние объекта управления характеризуется сбалансированной системой целевых показателей, определяющих общую эффективность системы.

Таким образом, оптимизация параметров технологического процесса механической обработки является одной из основных задач на этапе технологической подготовки производства, решение которой способствует повышению эффективности промышленного предприятия и поддержанию его конкурентоспособности.

Реализация данного проекта направлена на реализацию основных направлений повышения эффективности управления BigData машиностроительными предприятиями на основе разработки цифровой модели производственного процесса (цифрового двойника), позволяющей определять оптимальные значения технологических параметров производственного процесса на этапе технологической подготовки производства.

Актуальность темы исследования заключается в цифровизации производственных процессов машиностроительных предприятий на основе разработки структурно-сложной иерархической модели производственного процесса, позволяющей оптимизировать технологические параметры производственного процесса в зависимости от выбранной стратегии оптимизации с учетом ресурсных ограничений.

Целью проекта

Разработка цифровой модели производственного процесса на основе алгоритмов и математических моделей на основе многокритериального анализа BigData управления для определения оптимальных технологических параметров производственного процесса с учетом выбранной стратегии оптимизации на этапе технологической подготовки производства.

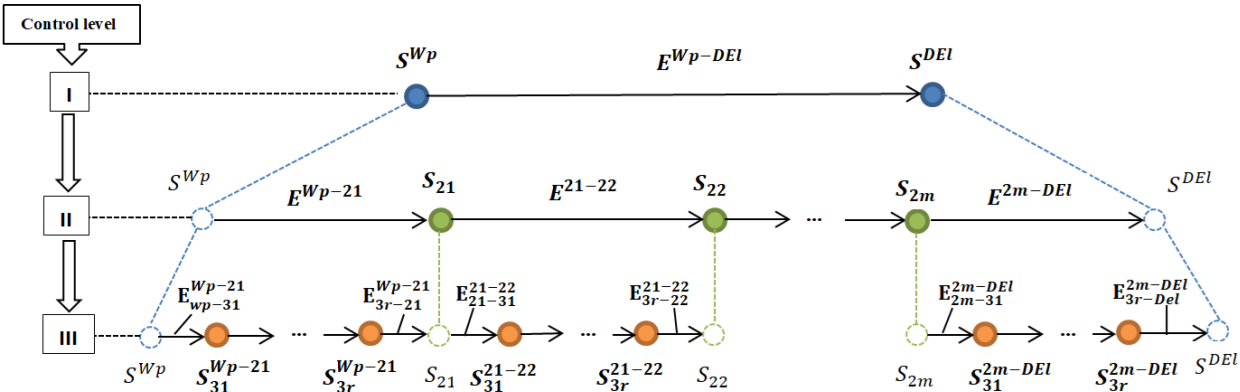
Ожидаемые и достигнутые результаты

1. Разработана иерархическая модель оптимизации параметров обработки отдельных элементов конструкции. Разработаны параметризованные модели, описывающие процесс реализации соответствующих этапов обработки для соответствующих элементов исследуемого технологического процесса (маршрут обработки, технологическая схема, рабочий ход).

2. По результатам оптимизации скорректирован технологический маршрут обработки группы отверстий и используемый режущий инструмент. Изменение условий реализации процесса обработки группы резьбовых отверстий осуществлялось на основе анализа значений целевых показателей, составляющих векторные критерии оптимизации для каждого уровня управления, а также на основе анализа установленных стратегий оптимизации для каждого конструктивного элемента исследуемого технологического процесса.

3. В результате оптимизации трудоемкость выполнения группы резьбовых отверстий снизилась на 18,3%, при этом увеличение погрешности обработки составило 12,1%, а увеличение параметра шероховатости поверхности – 13,2%. Полученные результаты являются удовлетворительными, так как соответствуют условиям оптимизации, в связи с чем можно сделать вывод о полном достижении цели работы.

4. Патент на полезную модель Республики Казахстан № 10793 Способ оптимизации процессов формообразования деталей на металлообрабатывающих станках от 27.06.2025



- Уровень управления №1: технологический маршрут обработки;
- Уровень управления №2: технологический переход;
- Уровень управления №3: рабочий ход.

	Рисунок 1 – Исходная информация для выбора оптимального варианта выполнения технологических операций	
--	--	--

В ходе исследований решена задача оптимизации технологических параметров процесса формования группы резьбовых отверстий M12×1,5-6H (6 шт.), входящих в деталь «Фланец» (рисунок 2) из жаропрочной стали 14X17H2.

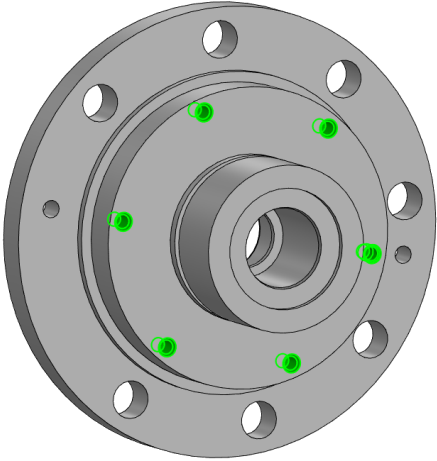
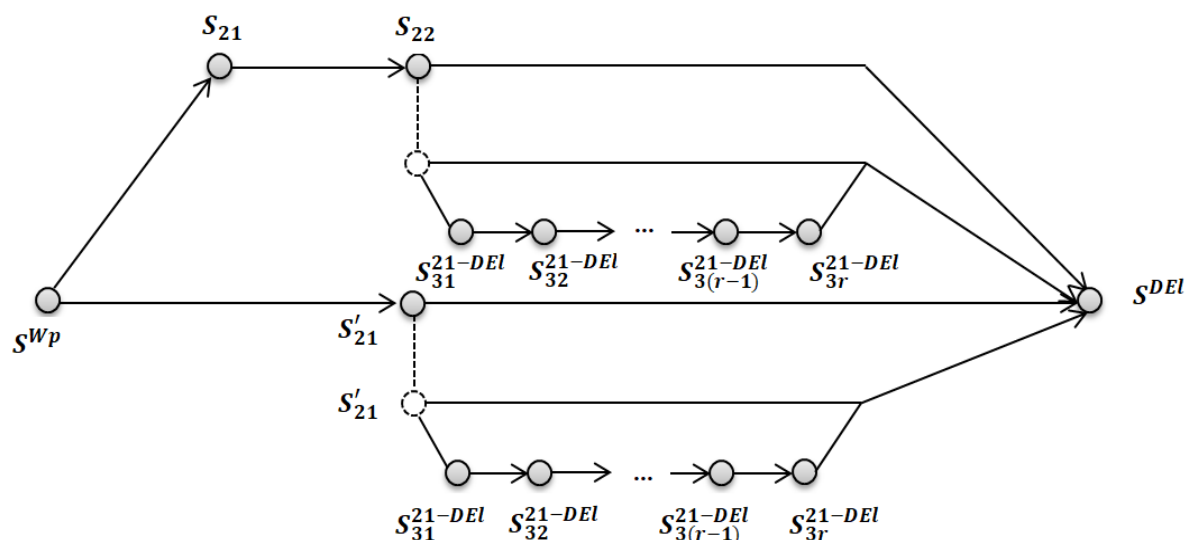


	Рисунок 2 – Полная модель детали «Фланец»	
--	---	--

Граф целесообразных вариантов технологических маршрутов формирования исследуемой группы отверстий представлен на рисунке 3.



S^{Wp} – состояние резбового отверстия до реализации технологического маршрута обработки (заготовка); S^{DEL} – состояние резбового отверстия после реализации технологического маршрута обработки; S^{21} , S^{22} – состояние резбового отверстия после реализации 1..2-ого технологического перехода; S_{31}^{21-DEL} , S_{32}^{21-DEL} , $S_{3(r-1)}^{21-DEL}$, S_{3r}^{21-DEL} – состояние резбового отверстия после реализации 1...r – ого рабочего хода.

Рисунок 3 – Структурно-иерархическая модель процесса обработки группы отверстий М12×1,5-6Н

Исследовательская группа

Жетесова Гульнара Сантаевна (Scopus Author ID 57219845188; ORCID 0000-0002-5895-7185)

Жаркевич Ольга Михайловна (Scopus Author ID 55339344600; ORCID 0000-0002-4249-4710)

Абдугалиева Гульнур Баймурзаевна (Scopus Author ID 557200327289; ORCID 0000-0003-3469-3901)

Кожанов Мурат Галиаскарович (Scopus Author ID 57299476600; ORCID 0000-0002-5310-9953)

Шахатова Алия Талгатовна (Scopus Author ID 57239010500; ORCID 0000-0002-5895-7185)

Таттимбетова Гулим Болатовна (ORCID 0009-0008-4476-5933)

Список публикаций

1. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М., Хрусталева И.Н., Кожанов М.Г., Шахатова А.Т. Анализ методов многопараметрической оптимизации для механической обработки деталей //Труды университета, №3 (96), 2024, 73 - 79

2. Zhetessova G.S., Zharkevich O.M., Shkhatova A.T., Khrustaleva I.N., Shkodyrev V.P. Additive Optimization Method for Choosing CNC Machines for Technological Preparation of Machine-Building Production //Material and Mechanical Engineering Technology, №3, 2024, 32 – 37.

3. Zhetessova, G.; Khrustaleva, I.; Shkodyrev, V.; Zharkevich, O.; Kanatova, A.; Kozhanov, M.; Tattimbetova, G.; Abdugaliyeva, G. Model of Optimization of Process Parameters for Machining of Separate Design Elements of the Product. Appl. Sci. 2025, 15, 5395. <https://doi.org/10.3390/app15105395>

Информация для потенциальных пользователей

Разработка цифровой модели структурно-сложного производственного процесса (цифрового двойника) позволит повысить эффективность технологической подготовки производства за счет многокритериального анализа различных сценариев реализации технологического процесса и выбора оптимального варианта, способствующего снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия, а также повышения его качества.

Область применения

Технологические процессы машиностроительного производства, а также любые технологические процессы промышленных производств.

Дата обновления информации: 01.07.2025 г.