

УДК 62-5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Павлова, О.В. Кузнецова

*Институт переподготовки и повышения квалификации филиала ФГАОУ ВО
«С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова»,
АО «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега»*

Статья посвящена обеспечению информационной поддержки на основе применения инструментов математического моделирования при проектировании групповых технологических процессов механической обработки деталей в судостроении. Определены критерии отнесения детали к операционной группе. Сформулированы основные этапы проектирования единичных, типовых и групповых ТП и их содержание. Представлена характеристика поверхностей группы деталей типа «вал червячный». Разработана табличная модель связи между совокупностями свойств деталей и технологическими переходами механической обработки группы детали типа «вал червячный». Разработана перестановочная модель связи между обрабатываемыми поверхностями и технологических переходами. Рассчитан экономический эффект от внедрения группового ТП.

Ключевые слова: групповой технологический процесс, комплексная деталь, математическое моделирование проектирования технологического процесса и его элементов.

Современные реалии рыночной экономики ставят перед предприятиями Объединенной судостроительной корпорации задачу переходить на гражданское судостроение [1]. Масштабные проекты, реализующиеся в течение нескольких лет (от трех до 15 на один проект) обуславливают разнообразие номенклатуры выпускаемых изделий, снижение серийности и сокращение партий их выпуска, тем самым увеличивают потери времени, связанные с необходимостью замены оснастки и частыми переналадками [2].

Одним из перспективных путей решения задачи сокращения сроков изготовления деталей и повышения эффективности их производства, по мнению авторов, является унификация технологических процессов обработки детали, основанная на внедрении методов типовых и групповых ТП. Научную основу метода групповой обработки деталей заложил С.П. Митрофановым в 1959 году [3] в развитие идей типизации ТП А.А. Соколовского [4].

При разработке группового ТП заготовки объединяются по общим обраба-

тываемым поверхностям либо их сочетаниям. В одну группу могут попасть как заготовки разного функционального назначения, так и заготовки разной формы [6].

Формирование заготовок в группу деталей проводится на основе определенных критериев, представленных на рисунке 1.

Детали, объединенные в группу для обработки групповым ТП, характеризуется единством в конструкторском, технологическом, инструментальном и организационно-плановом смысле. Построения групповых ТП рекомендуется выполнять по общности маршрутных ТП и деталей операций.

Основой для разработки группового ТП (с небольшими под наладками оборудования) и групповой оснастки служит комплексная деталь [9].

Основные этапы разработки единичных, типовых и групповых ТП и их содержание представлены в таблице 1.

ТП обработки детали d_i из всей группы $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ формируется выбором:

а) входящих поверхностей в деталь d_i из поверхностей комплексной детали;

б) переходов необходимых для обработки поверхностей i -й поверхности d_i детали из операций группового ТП.



Рис. 1. Критерии отнесения групповой детали к группе

Таблица 1 .

Этапы разработки ТП

№ этапа	Этап	Содержание	
		Единичный ТП	Типовой и групповой ТП
1	Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	Ознакомление с назначением и конструкцией изделия, с требованиями по изготовлению (точность изготовления, качество поверхности, технические требования).	
2	Анализ конструкторско-технологической документации на изделие	Выбор оптимального ТП/поиск аналога	
3	Выбор заготовки	Расчет оптимальной формы заготовки и метода её изготовления/получения	
4	Выбор технологических баз	Определение баз	Уточнение баз
5	Составление технологического маршрута обработки	Определение последовательности технологических операций	Уточнение технологических операций
6	Разработка технологических операций	Разработка технологических операций	Уточнение режимов обработки
7	Разработка средств технологического оснащения	Разработка средств технологического оснащения	Уточнение средств технологического назначения
8	Разработка средств контроля	Разработка средств контроля	Уточнение средств контроля
9	Расчет норм времени	Расчет норм времени	Перерасчет норм времени

Таблица 2

Характеристика поверхностей деталей типа «вал червячный»

№ детали d_i	№ поверхности, F_i	Тип поверхности	Подтип	Параметры						
				D , мм	Точность, квалитет	L , мм	Точность, квалитет	Расчетный модуль, m	Делительный угол подъема, i	Шероховатость, R_a , мкм
1	1	цилиндрическая	Наружная	20	14h	0	14h			12,5
	2		Наружная резьба	20	6g	26	6g			6,3
	3		Наружная	16,7	14h	4	14h			12,5
	4		Квадрат	27×27	11h	27	11h			3,2
	5		Наружная	32	9f	48	9f			1,6
	6		Наружная	38	14h	10	14h			6,3
	7		Червяк	56	1,6h	50	1,6h	4	4	1,6
	8		Наружная	38	14h	30	14h			6,3
	9		Наружная	32	9f	30	9f			1,6
	10		Наружная	32	14h	0	14h			12,5
2	1	цилиндрическая	Наружная	20	14h	0	14h			12,5
	2		Наружная резьба	20	6g	26	6g			6,3
	3		Наружная	16,7	14h	4	14h			12,5
	4		Квадрат	27×27	11h	27	11h			3,2
	5		Наружная	32	9f	58	9f			1,6
	7		Червяк	56	1,6h	50	1,6h	4	4	1,6
	9		Наружная	32	9f	60	9f			1,6
	10		Наружная	32	14h	0	14h			12,5
3	1	цилиндрическая	Наружная	20	14h	0	14h			12,5
	2		Наружная резьба	20	6g	26	6g			6,3
	6		Наружная	38	14h	85	14h			6,3
	7		Червяк	56	1,6h	50	1,6h	4	4	1,6
	8		Наружная	38	14h	60	14h			6,3
	10		Наружная	32	14h	0	14h			12,5
4	1	цилиндрическая	Наружная	20	14h	0	14h			12,5
	4		Квадрат	27×27	11h	27	11h			3,2
	5		Наружная	32	9f	72	9f			1,6
	6		Наружная	38	14h	10	14h			6,3
	7		Червяк	56	1,6h	50	1,6h	4	4	1,6
	8		Наружная	38	14h	30	14h			6,3
	9		Наружная	32	9f	30	9f			1,6
	10		Наружная	32	14h	0	14h			12,5
5	1	цилиндрическая	Наружная	20	14h	0	14h			12,5
	4		Квадрат	27×27	11h	27	11h			3,2
	5		Наружная	32	9f	82	9f			1,6
	7		Червяк	56	1,6h	50	1,6h	4	4	1,6
	9		Наружная	32	9f	60	9f			1,6
	10		Наружная	32	14h	0	14h			12,5

Таким образом, мы можем сделать вывод, что этапы разработки группового ТП заключаются в уточнении элементов его структуры, что обеспечивает повышение производительности всего процесса проектирования.

Групповая технологическая операция разрабатывается для выполнения технологически однородных работ при изготовлении группы деталей машиностроения на специализированном рабочем месте при условии возможности частичной подналадки технологической системы, что позволяет снизить число переналадок оборудования и увеличить размеры партий, поступающих на обработку.

Как уже сказано выше, для создания группового технологического процесса обработки (ГТП) необходимо, чтобы для каждой детали, обрабатываемой по ГТП, были обеспечены: общность оборудования, общность оснастки и маршрута обработки. Для выполнения этих условий проводят анализ деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам. Такими признаками являются форма и раз-

меры деталей, вид входящих поверхностей, их точность, шероховатость, точность взаимного расположения [11].

Проведем анализ эскизов деталей типа «вал червячный» (изготавливаемых в механических цехах судостроительного предприятия), выбранных в качестве предмета исследования.

С целью упорядочения анализа рекомендуется пронумеровать поверхности каждой детали группы. На эскизах номера поверхностей указаны сверху. Параметры этих поверхностей записываются в таблицу 2. В ней указывают номер поверхности, тип поверхности (поверхность вращения, линейчатая поверхность, винтовые и специальные поверхности и т. д.), подтип (наружная, внутренняя и т. д.). Также указываются: диаметр и точность размера, линейные размеры и точность, шероховатость, точность взаимного расположения.

Конструктивный и конструкторско-технологический анализ всех деталей множества D позволил объединить общие для всей группы поверхности в множество F (рис. 2).

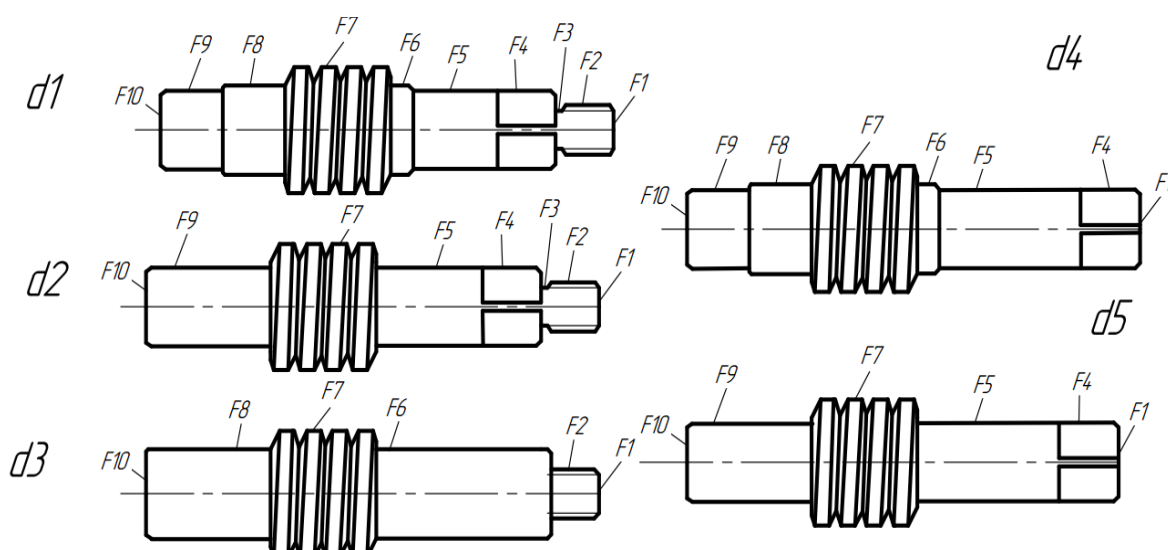


Рис. 2. Эскизы деталей типа «вал червячный»

Рассмотрим более подробно этап определения переустановки ТП изготовления группы деталей типа «вал червячный» d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 на токарном обрабатывающем центре.

Каждая из рассмотренных деталей группы имеет поверхности с определенными свойствами F_1, F_2, \dots, F_{10} :

$$F(d_1) = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}\} = F_1';$$

$$F(d_2) = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_7, F_9, F_{10}\} = F_2';$$

$$F(d_3) = \{F_1, F_2, F_6, F_7, F_8, F_{10}\} = F_3';$$

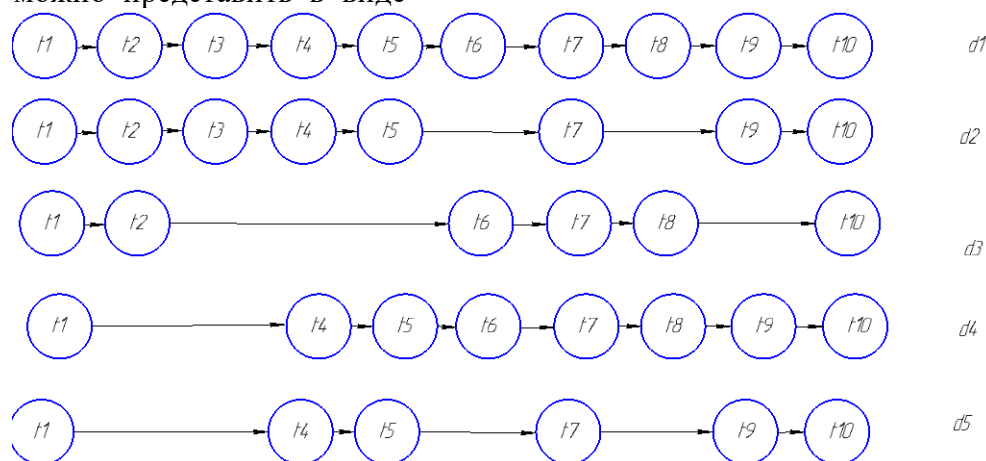
$$F(d_4) = \{F_1, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}\} = F_4';$$

$$F(d_5) = \{F_1, F_4, F_5, F_7, F_9, F_{10}\} = F_5'.$$

Все многообразие структурных схем группового технологического процесса изготовления деталей типа «вал червячный» можно представить в виде

Для установления последовательности механической обработки поверхностей применяют такие инструменты разделов математического моделирования как теория множеств и теорию графов.

графов взаимосвязей переходов при токарно-фрезерной обработке деталей d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 (рис. 3).



t_1 – отрезание заготовки в размер; t_2 – точение наружной цилиндрической поверхности черновое; t_3 – точение наружной цилиндрической поверхности чистовое; t_4 – подрезка правого торца; t_5 – точение наружной цилиндрической поверхности черновое; t_6 – точение резьбовой канавки; t_7 – нарезание наружной резьбы; t_8 – фрезерование четырехгранника; t_9 – точение профиля червяка черновое; t_{10} – снятие фасок и точение наружной цилиндрической поверхности чистовое.

Рис. 3. Графы взаимосвязи переходов обработки деталей d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 типа «вал червячный»

Исходное состояние заготовки задается множеством параметров, характеризующих форму и размеры заготовки, материал и его физикомеханические свойства, способ получения заготовки. Промежуточные состояния комплексной детали группового ТП «вал червячный», полученные в результате выполнения i -го

перехода, выполняют роль входных параметров $(i + 1)$ -го перехода (множество Q_i), либо частью выходных параметров i -го перехода.

Все многообразие возможных переходов технологического процесса изготовления можно представить множеством:

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}\},$$

где t_i – переходы в токарно-фрезерной обработке ($i = 1, \dots, m$)

m – количество переходов, с помощью которых можно реализовать n – й

этап обработки детали группового ТП «вал червячный».

Представленная выше информация может быть удобно описана в виде табличной модели (таблица 3).

Таблица 3

Связи между свойствами поверхностей деталей технологическими переходами

t_i	F_j									
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}
t_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
t_5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
t_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
t_7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
t_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
t_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Наличие связи обозначим «1», отсутствие связи – «0».

Далее рассмотрим разработанную перестановочную модель взаимосвязи технологических операций последовательности обработки деталей типа «вал червячный» и схему их группового технологического маршрута.

Перестановочная модель описывает множество структур технологиче-

ского процесса, отличающихся количеством и (или) составом элементов структуры при изменении отношения порядка.

Отношения порядка в этих моделях задаются с помощью графа, содержащего ориентированные циклы (рис. 4).

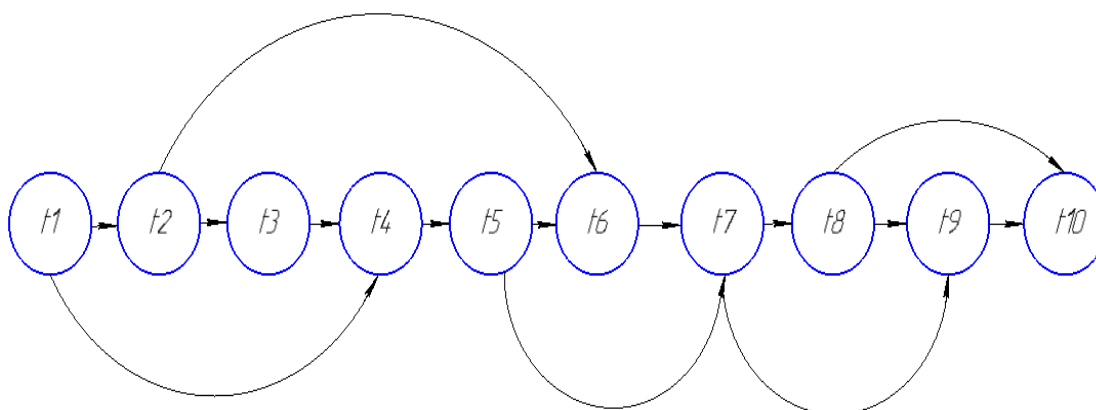


Рис. 4. Перестановочная модель взаимосвязи технологических операций последовательности обработки ТП деталей типа «вал червячный»

Кроме данного графа перестановочная модель включает в себя таблицу связей свойств поверхностей детали и операторов технологического процесса.

После формирования обобщенных поверхностей необходимо создать образ детали, включающей все обобщенные поверхности с указанием возможных диапазонов их размеров.

При разработке группового технологического маршрута обработки определяется последовательность технологических операций исходя из следующих положений:

- принятая последовательность операций должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями.

- технологическая оснастка должна быть групповой или переналаживаемой, пригодной для изготовления любой детали группы.

- применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку.

Схему технологического маршрута обработки приводят в виде таблицы 4.

Таблица 4

Связи между обрабатываемыми поверхностями деталей и технологическими переходами

t _i	F _j '				
	F ₁ '	F ₂ '	F ₃ '	F ₄ '	F ₅ '
t ₁	1	1	1	1	1
t ₂	1	1	0	0	0
t ₃	1	1	0	0	0
t ₄	1	1	0	1	1
t ₅	1	1	0	1	1
t ₆	1	0	1	1	0
t ₇	1	1	1	1	1
t ₈	1	0	1	1	0
t ₉	1	1	0	1	1
t ₁₀	1	1	1	1	1
ИТОГО	10	8	5	8	8

Отдельные детали могут пропускать технологические операции.

На основании таблиц создается комплексная деталь, которая включает все обобщенные поверхности с указанием диапазонов параметров этих поверхностей.

В качестве комплексной детали следует выбрать деталь d_i , поскольку она имеет наибольшее количество входящих в групповой технологический процесс поверхностей обработки.

Далее заполняется формируется схема построения групповой технологи

ческой операции в виде таблицы 5. В ней вычерчиваются эскизы деталей анализируемой группы. Одинаковые поверхности нумеруются одинаковыми цифрами, и строится эскиз комплексной детали. По эскизу комплексной детали указываются диапазоны параметров поверхностей.

Внедрение групповой обработки деталей дает экономический эффект за счет:

- сокращения времени на обработку деталей;

– возможности применения более производительного оборудования;
 – сокращения времени на наладку/переналадку оборудования;
 – эффективного использования оборудования и сокращения суммы амортизационных отчислений в расчете на одну деталь;

$$\mathcal{E}_{ОБР} = \left(\sum_{i=1}^m t_{ум-к.1} - \sum_{i=1}^m t_{ум-к.2} \right) H \cdot k, \quad (1)$$

где $t_{ум-к.1}$ – штучно-калькуляционная норма затрат труда на машино-комплект деталей каждого наименования до внедрения групповой обработки;

$t_{ум-к.2}$ – то же, после внедрения групповой обработки и использования более производительного оборудования;

Получаем:

$$\mathcal{E}_{ОБР} = (12,32 - 9,40) \cdot 320 \cdot 10 = 8064 \text{ руб.}$$

Годовая экономия на наладке рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{НАЛ} = (t_{нал} - t_{под.нал}) \frac{mH}{60} k, \quad (2)$$

где $t_{нал}$ и $t_{под.нал}$ – трудоемкость наладки и подналадки, мин.;

Получаем:

$$\mathcal{E}_{НАЛ} = (6 - 1,14 \cdot 2) \cdot \frac{5 \cdot 350}{60} \cdot 200 = 21780 \text{ руб.}$$

Годовая экономия на амортизационных отчислениях если групповая обработка производится на более производительном оборудовании:

$$\mathcal{E}_{АМ} = \frac{P_1 A_{Г}}{100 F_{Д}} \sum_{i=1}^m t_{ум-к.1} - \frac{P_2 A_{Г}}{100 F_{Д}} \sum_{i=1}^m t_{ум-к.2} N, \quad (3)$$

$A_{Г}$ – норма годовых амортизационных отчислений, процент;

$F_{Д}$ – полезный фонд времени работы оборудования в год, мин.

$$F_{Д} = T_{к.у} - P_{к} - ПТ, \quad (4)$$

где $T_{к.у}$ – условный календарный годовой фонд времени (принимается 8640 часов);

$P_{к}$ и $ПТ$ – время простоя оборудования на капитальный и текущий ремонт в среднем за год (0,2% и 0,097% от фонда времени, соответственно);

– снижения затрат на оснастку (замена специальной оснастки групповой). [12]

Экономия от внедрения группового ТП на обработку деталей рассчитывается по формуле:

m – количество наименований деталей в группе;

H – часовая тарифная ставка наладчика, руб.;

k – число запусков партий деталей в год.

P_1 и P_2 – стоимость станка, применяемого соответственно до внедрения групповой обработки и после, руб.;

N – годовая программа выпуска деталей по групповому ТП.

$$\mathcal{E}_{AM} = \frac{300000 \cdot 0,1}{100 \cdot 21,6} \cdot 4,10 - \frac{3000000 \cdot 0,05}{100 \cdot 6,07} \cdot 2,14 \cdot 200 \cdot 5 = 182,58 \text{ руб.}$$

Экономия в стоимости оснастки на одну партию деталей одного наименования:

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{(m-1)ST_n}{mK}, \quad (5)$$

где K – срок службы комплекта оснастки (10 – 15 лет);

T_n – периодичность запуска партий деталей в обработку (10 раз в год).

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{(m-1)ST_n}{mK}, \quad (6)$$

$$\mathcal{E}'_0 = \frac{(5-1) \cdot 63000 \cdot 10}{5 \cdot 12,5} = 40320 \text{ руб.}$$

Потери из-за перерасхода машинного времени можно представить в виде следующего равенства:

$$C = H_n \times \sum_{i=1}^d \frac{\Delta t_M}{60}, \quad (7)$$

где C – потери из-за перерасхода машинного времени, руб.;

H – часовая ставка оператора, руб.;

d – количество поверхностей, подлежащих обработке;

Δt_M – потери машинного времени из-за холостых ходов инструмента, мин.;

n – количество деталей в партии, шт.

$$C = 320 \cdot 5 \sum_{i=1}^{10} \frac{0,03}{60} = 8 \text{ руб.}$$

Как видно из приведенного выражения, размер потерь зависит не только от продолжительности холостых ходов инструмента, но и от размера партии деталей.

Таким образом, общая экономия от внедрения ГТП может быть рассчитана по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{OБP} + \mathcal{E}_{НАЛ} + \mathcal{E}_{AM} + \mathcal{E}_{OC} - C \quad (8)$$

и составит порядка 70 тысяч рублей.

Наибольшая экономия в исследуемом групповом ТП может быть достигнута за счет сокращения переналадки и разработки комплекта групповой оснастки. В заключении следует отметить, что применение групповых технологических процессов механической обработки потребует дополнительных временных затрат на первоначальном этапе анализа номенклатуры изделий. Однако внедрение данного процесса обеспечит

реализацию принципа унификации технологических процессов, а, следовательно, и сокращение сроков изготовления операционной группы деталей и повышение производительности производства в целом.

Применение инструментов математического моделирования при анализе структурных элементов ТП обеспечивает информационную поддержку проектирования этапов как группового/типового, так и единичного технологического процесса.

Таблица 5

Схема построения групповой технологической операции, выполняемой на токарно-фрезерном обрабатывающем центре

Эскиз детали	Переходы										Комплексная деталь
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	○	○	○	○	○						
	○					○	○	○			
	○			○	○	○	○	○	○	○	
	○			○	○	○			○	○	

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова, А.Н. Структурный анализ проблем управления технологическими процессами в судостроении / А.А. Павлова, Е.Н. Лаптева // XLII Ломоносовские чтения «Наследие Ломоносова и достижения современной науки»: сборник материалов научно-практической конференции [Электронный ресурс] / сост. А.М. Моисеев; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Электронные текстовые данные. – Архангельск: САФУ, 2019. С. 87-92.
2. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения / Б.М. Базров. - М: Машиностроение, 2007. - 736 с.
3. Митрофанов С.П. Научные основы технологической подготовки группового производства. - Л.: Машиностроение, 1965. 395 с.
4. Соколовский, А.П. Курс технологии машиностроения. Часть 1. Общие вопросы технологии механической обработки. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1947. 435 с.
5. Тимирязев, В. А. Основы технологии машиностроительного производства [Элек-

6. тронный ресурс]: учебник / В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. А. Тимирязева. - Москва: Лань, 2012. 448 с.
7. Сигал Я.М. Тенденции развития групповой технологии за рубежом. Обзор. М., НИИмаш, 1979, 60 с.
8. Проектирование и моделирование множественной групповой токарной обработки Кондратьев Е.М., Циона И.К. / НАУКА СЕГОДНЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 33-37.
9. Особенности организации групповой технологии в гибких производственных системах Аскалонова Т.А., Леонов С.Л., Ситников А.А. Механики XXI века. 2016. № 15. С. 128-130.
10. Технология машиностроения: в 2 кн.: учеб. пособ. для вузов / Э.Л. 14 Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – М.: Высш. шк., 2005.
11. Гибкие производственные системы. Справочник: справочник / Ю.Г. Козырев. — М.: КноРус, 2015. — 364 с.
12. Кангин, М.В. Гибкие автоматизированные производства: учебное пособие для

студентов, обучающихся по направлению подгот. дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного пр-ва»//Н. Новгород.2006.144с.

12. Цыпак, В.И. Групповая обработка деталей и ее эффективность /В.И. Цыпак, С.И.Дядя,Н.В.Гончар, О.В.Алексеевко//Вестник СумДУ. Серия технические науки, № 4, 2011, С.128–135.

DESIGN OF A GROUP TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL PROCESSING OF PARTS BASED ON THE USE OF MATHEMATICAL MODELING TOOLS

A. N. Pavlova, O. V. Kuznetsova

The article is devoted to providing information support based on the use of mathematical modeling tools in the design of group technological processes for machining parts in shipbuilding. Defined criteria for inclusion the details to the operating group. The main stages of the design of single, standard and group technological processes and their content are formulated. The characteristic of surfaces of a group of parts of the type «worm shaft» is presented. Designed tabular model of the relationship between the sets of properties of parts and the technological transitions of machining a group of parts of the type "worm shaft" has been developed. Designed permutation model of the connection between the machined surfaces and technological transitions is developed. The economic effect of the introduction of a group technological process is calculated.

Key words: group technological process, complex detail, mathematical modeling of the design of the technological process and its elements.

References

1. Pavlova, A. N. Structural analysis of problems of technological process control in shipbuilding / A. A. Pavlova, E. N. Lapteva // XLII Lomonosov readings "Lomonosov's Legacy and achievements of modern science": collection of materials of the scientific and practical conference [Electronic resource] / comp. A. M. Moiseyev; SEV. (Arctic.) fader. UN-t im. M. V. Lomonosov. - Electronic text data. - Arkhangelsk: SAFU, 2019. Pp. 87-92.
2. Bazrov, B. M. Fundamentals of engineering technology / B. M. Bazrov. - Moscow: Mashinostroenie, 2007. - 736 p.
3. Mitrofanov S. p. Scientific bases of technological preparation of group production. - L.: Mashinostroenie, 1965. 395 PP.
4. Sokolovsky, A. p. Course of engineering technology. Part 1. General questions of mechanical processing technology. Moscow: State scientific and technical publishing house of machine-building literature, 1947. 435 PP.
5. Timiryazev, V. A. Fundamentals of machine-building production technology [Electronic resource]: textbook / V. A. Timiryazev, V. P. Voronenko, A. G. Skhirtladze; ed. - Moscow: LAN, 2012. 448 PP.
6. Sigal Y. M. Trends in the development of group technology abroad. Review. M., Niimash, 1979, 60 p.
7. Design and modeling of multiple group turning Kondratev E. M., tsiona I. K. / NAUKA SEGODNYA FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH materials of the international scientific and practical conference. 2016. Pp. 33-37.
8. Features of the organization of group technology in flexible production systems Askalonova T. A., Leonov S. L., Sitnikov A. A. Mechanics of the XXI century. 2016. # 15. Pp. 128-130.
9. Technology of mechanical engineering: in 2 kn.: studies' no. for universities / E. L. 14 Zhukov, I. I. Kozar, S. L. Murashkin et al.; ed. - 2nd ed., add. - M.: Higher. SHK., 2005.
10. Flexible manufacturing system. Directory: manual / Yu. G. Kozyrev. Moscow: KnoRus, 2015. — 364 p.
11. Kangin, M. V. Flexible automated production: a textbook for students studying in the direction of training. certified specialists "Design and technological support of machine-building production" // N. Novgorod.2006.144 p.
12. Tsypak, V. I. Group processing of details and its efficiency /V. I. Tsypak, S. I. Dyadya, N. V. Gonchar, O. V. Alekseenko // Bulletin of Sumdu. Series of technical Sciences, no. 4, 2011, P.128-135.