УДК 621.01(06)

В.А. Контелев, А.Н. Михайлов
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; *E-mail:* tm@mech.dgtu.donetsk.ua

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКИ НОВОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В статье рассмотрены аспекты и проблемы ускорения дозагрузки нового высокопроизводительного оборудования с ЧПУ в условиях действующего производства на примере завода горноспасательной аппаратуры (продукция данного предприятия в части механообработки аналогична пневмоарматуре).
Проведен анализ как уже реализованных, так и дальнейших шагов для решения организационных и технических вопросов дозагрузки, приведены рекомендации по формированию политики предприятия в данном вопросе.
Ключевые слова: *высокопроизводительное оборудование, загрузка, управление, номенклатура, квалификация.*

Введение

Любое действующее производство - механообрабатывающее не исключение - характеризуется сложившимся коллективом, парком оборудования и нормативной базой. Чаще всего сегодня встречаются механообрабатывающие участки с преобладанием опытных, квалифицированных станочников пред-пенсионного возраста и устаревшего универсального оборудования (при наличии отдельных устаревших станков с ЧПУ).

Одним из безусловных преимуществ таких участков может быть признана гибкость производственно-технологической системы при изготовлении малых партий и частых переходах с одной номенклатуры на другую в пределах рабочей смены. При отсутствии автоматизированной системы оперативно-календарного планирования, т.е. при «ручном» (по факту возникновения потребности) его способе, из-за дефицита времени руководство участка и цеха будет стараться не вступать в конфликт с кадровыми рабочими и обеспечивать достигнутый ими ранее уровень зарплаты нерациональным перераспределением номенклатуры.

Т.е. руководство участка и цеха будет продолжать поддерживать кадровых рабочих – сдельщиков, работающих на старом оборудовании, загружая новые станки с ЧПУ несущественными деталями и малыми партиями - без экономического эффекта.

Таким образом, при внедрении нового высокопроизводительного оборудования с ЧПУ в условиях действующего традиционного механообрабатывающего производства налицо конфликт интересов между собственниками - с одной стороны, и линейным управленческим персоналом, отвечающим за сроки изготовления продукции и поэтому продолжающим организовывать работу привычными методами – с другой стороны.

Основное содержание и результаты работы

Подобная ситуация была на *заводе горноспасательной аппаратуры* в течение почти 2-х лет с загрузкой [1] новых станков *CNC Goodway GLS-200M* несмотря на то, что для работы на них были специально приняты высококлассные операторы с навыками наладчиков и программистов.

- Например, *деталь типа «штуцер пневмосистемы»* по традиционной технологии механической обработки на заводе (Таблица 1) проходит не менее трёх операций на разных станках. Технология связана с низкой производительностью устаревших станков с ЧПУ ЕЕН320, высокой сложностью (и, как следствие, стоимостью) работ на универсальном токарном станке 1И611П, а также потерями на перемещения партий деталей и переналадки инструмента на каждом из станков:

Таблица 1. Традиционная технология обработки детали типа «штуцер пневмосистемы»

Обозначение	**Наименование**	**СЕХ**	**NOP**	**Операция**	**Оборудование**	**Трудоемкость**
Р30.02.303	Штуцер	1	5	Отрезка (комбинир)	Н513	0,029
Р30.02.303	Штуцер	1	10	Токарная ЧПУ	ЕЕН320	1,000
Р30.02.303	Штуцер	1	15	Токарная	1И611П	0,950
Р30.02.303	Штуцер	1	20	Сверлильная	НС-12А	0,300
Р30.02.303	Штуцер	1	25	Гальваническая	ВАННЫ ГАЛЬВ.	0,100
Р30.02.303	Штуцер	1	26	Полировальная	ПОЛИРОВ.	0,350
Р30.02.303	Штуцер	1	30	Сверлильная	НС-12А	0,500
					ИТОГО м/о **ИТОГО Тшт**	**3,25** **3,379**

- В новых токарных обрабатывающих центрах с ЧПУ *CNC Goodway GLS-200M,* (Таблица 2) все операции выполняются из прутка за одну установку в параллельном режиме, чем достигается снижение Тшт. при гарантии стабильности параметров и качества:

Таблица 2. Технология обработки детали типа «штуцер пневмосистемы» с примене-нием обрабатывающих центров с ЧПУ CNC Goodway GLS-200M

Обозначение	Наименование	СЕХ	NOP	Операция	Оборудование	Трудоемкость
Р30.02.303	Штуцер	1	10	Полная мехобработка ЧПУ	CNC Goodway GLS-200M	0,82
Р30.02.303	Штуцер	1	25	Гальваническая	ВАННЫ ГАЛЬВ.	0,100
					ИТОГО Тшт	**0,92**

Учитывая, что время переналадки *CNC Goodway GLS-200M* под уже освоенную деталь не превышает 0,5 часа, организационно – экономический эффект такой передачи очевиден: **Тшт снижается в 3,5 раза!**

В реальности же имела место парадоксальная ситуация:

- Сложные детали подобного типа не передавались на новое оборудование и нормы не пересматривались почти 2 года.
- *CNC Goodway GLS-200M* загружали простыми мелкими деталями типа «втулка» с долей механической обработки менее 0,01 нормо-часа и партионностью до 100 шт.

Необходим был **механизм**, который бы сдвинул вопрос с «мертвой точки». Для всестороннего анализа ситуации и поиска решения был применен [4] метод SADT (рис. 1):

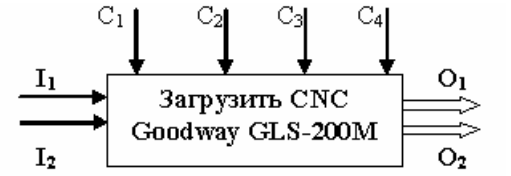

Рис 1. SADT - диаграмма 0-го уровня рассматривает синтез организационно-технологического обеспечения загрузки CNC Goodway GLS-200M

Здесь:
I_1-свойства всех деталей участка механообработки по материалу
I_2-свойства всех деталей участка механообработки по сложности и габаритам
C_1-система пересмотром норм после освоения деталей на *CNC Goodway GLS-200M*
C_2-система обеспечения достигнутой заработной платы «ключевым универсалам»
C_3-система обучения работе на новых станках с ЧПУ и повышения квалификации
C_4-система обеспечения новых станков с ЧПУ программами и инструментом
O_1-оптимальный коэффициент загрузки CNC Goodway GLS-200M
O_2-ТЗ на управляющие и входные параметры системы

Последующие уровни детализации по методу SADT представлены ниже:

Шаг №1

Был выполнен анализ **I_1** и **I_2** (см. Таблицы 3 и 4) специфики свойств всех деталей участка механообработки по материалу и сложности [2]:

Таблица 3. Специфика свойств деталей участка по группам **материалов**

	A	B	C	D
Материал	Сталь НЕРЖ	Сталь углеродистая	Латунь	Прочее

с последующей систематизацией (Таблица 4) по группам для каждого материала и конфигурации:

Таблица 4. Свойств деталей участка по группам **конфигураций** на примере латуни

Латунь. Одна ось	Латунь. Две оси под 90º в одной плоскости	Латунь. Три оси под 90º в двух плоскостях	Латунь. Две оси под 90º в одной плоскости плюс … доп. Осей под углом ….. (≠90º)	Латунь. Три оси под 90º в двух плоскостях плюс … доп. Осей под углом ….. (≠90º)
К8.01.08. 101	Р30.02.101	ПГС.00.004	К5.00.00.001	УКП5.01.00.024
К8.01.10. 021	Р30.00.201	ПГС.00.024	К5.00.00.002	УКП5.01.00.026
К8.02.02. 008	Р30.02.082	ПГС.00.028	К5.01.00.002	УКП5.01.00.033
К8.02.04. 003	Р30.05.031	КСГ.00.004	К5.01.00.003	УКП5-00.01.018
К8.02.20. 001	Р30.05.053	КСГ.00.005	К5.01.00.028	УКП5-00.02.011
Всего 500 поз.	**Всего 21 поз.**	**Всего 14 поз.**	**Всего 5 поз.***	**Всего 5 поз.***

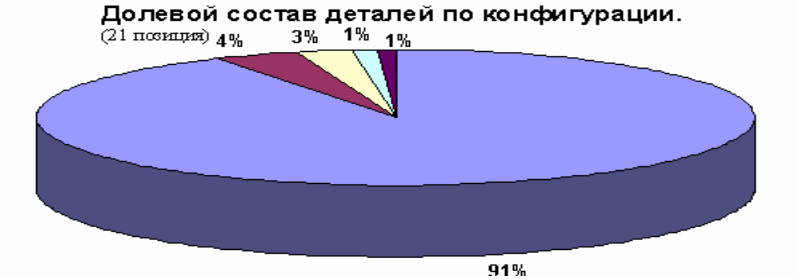

Рис. 2. Долевой состав деталей по конфигурации

Таблица 5. Профессиональный и возрастной состав

№ п/п	Профессия	Количество рабочих				**ВСЕГО**
		Стаж до 5 лет	Стаж 5-10 лет	Стаж 10-20 лет	Стаж более 20 лет	**по профессиям**
1	ЧПУ	1	-	4*	3	**8***
2	Фрезеровщик	-	-	1	3	**4**
3	Токарь	1	3	3	10**	**17****
4	Станочнк-универсал	-	-	1	2	**3**
5	Автоматчик	-	-	-	1	**1**
6	Токарь-расточник	-	-	-	1	**1**
	ВСЕГО	**2**	**3**	**9**	**20**	**34/34**

***в т.ч. 2 человека** *высококлассные операторы с навыками наладчиков и программистов.*

****в т.ч. 2 человека** *высококлассные специалисты-универсалы (*«ключевые звенья»*)*

Отсюда следует, что при обработке на *CNC Goodway GLS-200M* всего 2% деталей* требуют дополнительные переустановки для обработки по дополнительным осям.

Шаг №2

На основе анализа данных по кадровому составу (см. Таблицу 5) и решений по ключевым проблемам (см. ниже п.1-4) были внедрены системы $\mathbf{C_1 – C_4}$ стимулирующие интерес основного числа рабочих к новому оборудованию.

С целью внесения **объективной необходимости** передачи номенклатуры на новые станки были выполнены такие действия:

1. Введена система оперативного актирования освоенных деталей на новых станках с пересмотром норм.
2. Введена система планирования деталей с учётом дозагрузки нового оборудования с ЧПУ.
3. Был выполнен анализ кадровой ситуации на участке - выявлены «ключевые звенья» - станочники высокой квалификации, выполняющие уникальные работы на устаревшем универсальном оборудовании и решен вопрос обеспечения для них достигнутого уровня зарплаты (для гарантии выполнения уникальных работ и во избежание внутренних конфликтов на участке).
4. Проведено повышение квалификации персонала средней квалификации, ранее не работавшего на станках с ЧПУ, для подготовки его к работе на новом оборудовании.

Общий алгоритм и рекомендации

Таким образом, за счёт рассмотренного **синтеза организационно-технологического обеспечения**, реализованного с помощью **SADT-метода**, путем **моделирования** исследуемой системы [5, 7, 8] и в результате проведенных мероприятий был достигнут существенный эффект и показана возможность начала бесконфликтного получения экономического эффекта уже в краткосрочном периоде (Таблицы 6 и 7), т.е. практически сразу после сдачи в эксплуатацию **нового** станка с ЧПУ:

Таблица 6. Рост фактической загрузки *CNC Goodway GLS-200M*

	АВГУСТ 2010г.	**СЕНТЯБРЬ** 2010г.		**МАРТ** 2011г.		**МАЙ** 2011 г.	
	Базовое значение		***рост к августу 2010***		***рост к августу 2010***		***рост к августу 2010***
Суммарная ФАКТИЧ. Трудоемкость, нормо-часов	470	514	**9,4%**	775	**65,0%**	779	**65,9%**
Отработанный фонд времени, часов	252	252		252		252	

Таблица 7. Анализ экономического эффекта от освоения деталей (см. Таблицу 4)

Экономич.Эффект на План 2011 года по ЗАРПЛАТЕ	20 942 долл
Экономич.Эффект на План 2011 года за счёт СНИЖЕНИЯ суммарной СЕБЕСТОИМОСТИ	67 339 долл
Стоимость 1 ед. типа *CNC Goodway GLS-200M (и аналогов)**	102 887 долл
Стоимость 1 ед. типа *CNC OKUMA Multus B 200 W (и аналогов)**	290 000 долл

*Сравнение экономического эффекта от освоения деталей и стоимости станков разного класса.

Цифровые модели

Результаты аналитических исследований можно свести в таблицы [1, 2], и затем для моделирования, расчётов и оптимизации плановых, организационных и финансово-экономических параметров использовать аппарат дискретной математики и, в частности, аппарат теории множеств и теории графов, широко применяемый в моделировании проектных задач [3, 4, 6].

Граф представляет собой упорядоченную пару множеств, свойства которого определяют вершину графа, ребра графа отображают связи в моделируемом объекте. В связи с тем, что каждая вершина графа включает в себя качественно разные свойства, в работе [7] предлагается описание данного анализа полихроматическими графами:

$$nG=(P,H,F(P),F(H),[PxF(P)],[Hx\,F(H)]), \quad (1)$$

где P - множество вершин;

S - множество ребер;

F(P)- множество свойств вершины;

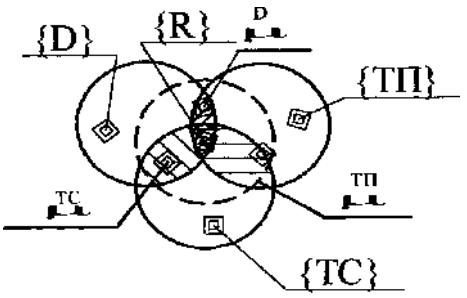

Рис. 3. Моделирование связей {Д} - {ТП} - {ТС} с использованием операций над множествами:
{Д} – свойства деталей; {ТП} – свойства технологического процесса; {ТС}– свойства технологической системы

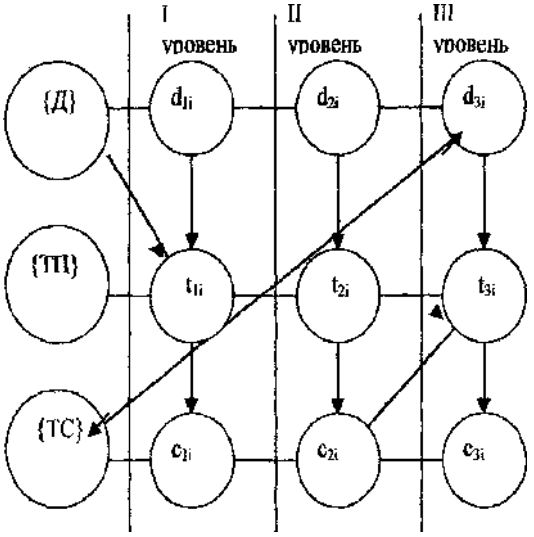

Рис. 4. Описание структуры связей {Д} - {ТП} - {ТС} в виде графа

F(S) - множество свойств и характера отношений всех ребер;

[PxF(P)], [Sx F(S)] - матрицы отношений.

Воздействие технологической системы (ТС) на объект производства Д может моделироваться воздействием свойств ПС графа системы (ТС) на nG граф свойств объекта производства Д.

$$ПС_д= (D,S,F(D), F(S), [D\,x\,P(D)],[SxF(S)]), \quad (2)$$

где D - множество характеристик деталей номенклатуры;

S - множество связей;

[ДхР(Д)] - матрица свойств;

[S x F(S)] - *матрица* отношений.

$$ПО_в= (B,S,F(B), F(S),[B\,x\,F(B)],[S\,x\,F(S)]), \quad (3)$$

где B - множество вариантов структур ТП и операций;

S - множество связей;

[BxF(B)] - матрица свойств;

[S x F(S)] - матрица отношений.

$$ПО_с= (C,S,F(C), F(S),[CxF(C)],[S\,x\,F(S)]), \quad (4)$$

где C - множество свойств ТС;

S - множество связей;

[CxF(C)] - матрица свойств;

[S x F(S)] - матрица отношений.

Общая структура связей (рис.4), требует конкретизации элементов множеств

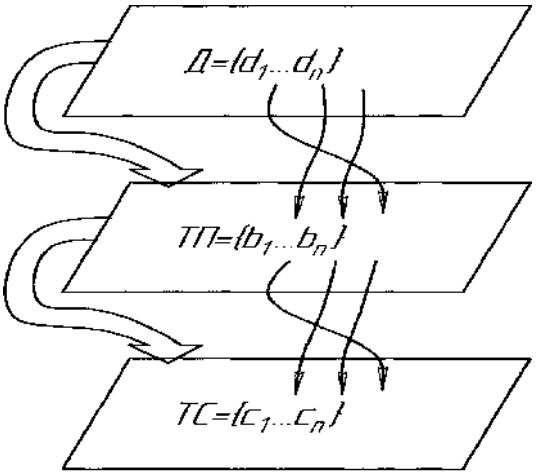

Рис. 5. Описание структуры связей {Д} {ТП} {ТС} в виде графа

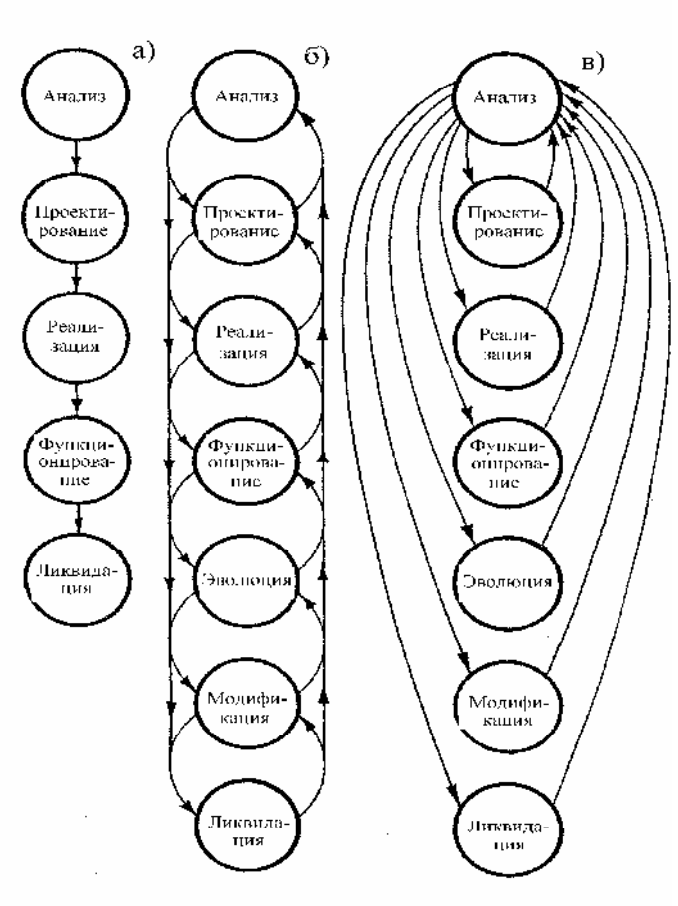

Рис. 6. Этапы разработки вариантов технологии:
а – этапы традиционного цикла,
б – этапы при итеративном проектировании,
в – этапы при итеративном проектировании с направленными шагами через рекуррентный анализ

{Д}, {ТП}, {ТС}.

При структурном описании устанавли-вается совокупность связей множеств {Д} - {ТП}-{ТС}(параметры I_i; C_j и др., см. рис.1), обеспечивающих их целостность и тождест-венность самим себе, т.е. сохранение основ-ных свойств при различных внешних и внутренних изменениях.

Для структурного описания связей S применяются следующие множества:

$$\boldsymbol{S} = \{M, K\}, \qquad (5)$$

где М - множества состава и свойств элементов {Д}, {ТП}, {ТС};
К - множество значений и характера связей.

Множества М по составу и свойствам разделены на три плоскости — множества, описывающие параметры детали, тех-нологического процес-са и технологической системы (рис.5).

Множество К отражает связи между этими плоскостями и неопределенность этих связей в условиях многономенклатурного производства.

5. Заключение

По результатам расчётов **принимаются управленческие решения** о начале технологической подготовки – подбору оборудования с ЧПУ, модернизации участка под это оборудование и его дальнейшая автоматизация, реорганизация констру-кторских и технологических служб под АСУ ТПП, ввод АСУПП, ППОРМ (планово-предупреждающего обеспечения инструментом) и т.п.

Последующие варианты

приближения к оптимальному результату можно представить в форме диаграммы рис. 6:

Список литературы:

1. Волчкевич И.Л. Исследование фактической работоспособности современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ / И.Л. Волчкевич // Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-18 сентября 2011 г.: в 2-х т. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – Т. 2. – С. 144 – 145.

2. Галий В.В. Разработка технологической схемы производства на основе анализа про-граммы выпуска предприятия / В.В. Галий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Международный сборник научных трудов. – 2011. – Вып.42. – С. 62-65

3. Кельберт М. Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения / М.Я. Кельберт, Ю.М. Сухов. – М.: МЦНМО, 2009. – Т. II – 295 с.: ил.

4. Структурный и статистический анализ при управлении технологической операцией / В.Н. Корешков, М.Л. Хейфец, Т.А. Алексеева и др. // Процессы механической обработки в машиностроении. – 2009. – Вып. 7. – С. 76-83.

5. Михайлов А.Н. Разработка методов проектирования высокоэффективных поточно-пространствен-ных технологических систем: диссертация доктора технических наук / А.Н. Михайлов. – Х.: ХПИ,1992. – 498 с.

6. Михайлов А.Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия / А.Н. Михайлов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 379 с.

7. Соломенцев Ю.М. Моделирование технологической среды машино-строения / Ю.М. Соломенцев, В.В. Павлов. – М.: Станкин, 1994. – 104 с.

8. Хубка В. Теория технических систем / В. Хубка; пер. с.нем. – М.: Мир, 1987. – 208 с.

9. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проекти-рования технологических процессов / В.Д. Цветков. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.

Надійшла до редколегії 20.02.2012.

В.О. Контелев, О.М. Міхайлов

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ФАКТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ НОВОГО МЕТАЛОРІЖУЧОГО УСТАТКУВАННЯ З ЧПУ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ, ЩО ДІЮТЬ.

У статті розглянуті аспекти і проблеми впровадження нового високопродуктивного устаткування з ЧПУ в умовах діючого виробництва на прикладі ДЗГА. Проведений аналіз і надані можливі шляхи вирішення технічних питань, а також приведені рекомендації відносно кадрової політики підприємства.

Ключові слова: *управління, номенклатура, високопродуктивне устаткування, кваліфікація.*

V. Kontelev, A. Mikhaylov

METHOD OF IMPROVING THE ACTUAL LOAD NEW CUTTING CNC EQUIPMENT ON EXISTING MACHINE-BUILDING ENTERPRISES.

This article contains aspects and problems faster to load a new high-performance CNC equipment under the production of the mine rescue equipment plant (products of this company in part machining is similar to pnevmoarmature). The analysis of as already implemented, and further steps to address organizational and technical issues, provides additional recommendations on formation of enterprise policy in this matter.

Keywords: *high-performance equipment, download, manage, nomenclature, classification.*