АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ГРУПП ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ САПР ТП И MES НА ПРИНЦИПАХ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ «МЕТАЛЛООБРАБОТКА-2011» (23-27 МАЯ 2011, МОСКВА) СОСТОЯЛСЯ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ И КОНСТРУКЦИЯХ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ». НА НЁМ БЫЛИ РАССМОТРЕНЫ ДОКЛАДЫ О ПУТЯХ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ, ИМЕЮЩИХСЯ В РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫСТУПЛЕНИЯ НА ЭТОМ ФОРУМЕ КОЛЛЕКТИВОМ АВТОРОВ НАПИСАНА ЭТА СТАТЬЯ.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Модульная технология – это новый вид технологии, являющийся дальнейшим развитием единичной, типовой и групповой технологий и аккумулирующий в себе их преимущества.

Основным принципом модульной технологии является представление детали совокупностью модулей поверхностей (МП), под которыми понимаются сочетания поверхностей, с помощью которых деталь выполняет свои служебные функции [1].

Чертёж детали в таком случае можно представить как сборочную единицу, у которой в качестве деталей выступают МП *(рис.1)*.

Исследования состава МП многочисленных деталей различных конструкций и принадлежащих различным изделиям, показало ограниченность их разнообразия, постоянство конструкций и однозначность в определении. Классификация МП по функциональному признаку приведена на *рис. 2*.

Согласно классификации *(рис. 2)* всё разнообразие МП ограничено 26 наименованиями базирующих, рабочих и связующих МП. Каждое наименование МП имеет свой ряд типовых конструктивных решений, а каждая конструкция имеет свою классификацию по размерам, точности и шероховатости. Примеры конструктивного оформления МП представлены на *рис. 3*.

Модульная технология создаёт хорошие предпосылки для автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП), поскольку модульный технологический процесс разрабатывается методом компоновки из модулей процессов изготовления МП, входящих в состав изготавливаемого изделия.

В состав модуля процесса изготовления МП (МТО) входят модули средств технологического обеспечения МП, к которым относятся модули: станочного оборудования (МО), инструментальной наладки (МИ), приспособления (МПр), контрольно-измерительного устройства (МКИ). По каждому из этих элементов создаётся банк данных, к которому обращаются при проектировании ТП изготовления детали.

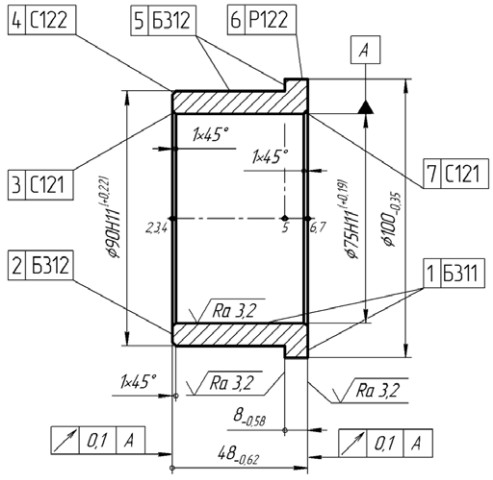


Рис. 1. *Чертеж детали как «сборочная единица», состоящая из МП.*

Чтобы создать банк данных МО, необходимо знать технологические возможности станков [2] по изготовлению МП. А для этого за каждой моделью станка из станочного парка предприятия необходимо закрепить перечень МП, которые можно на нём изготовить.

Технологические возможности станков по изготовлению МП определяются в следующей последовательности. Вначале по кинематике станка определяется перечень поверхностей, которые можно на нём изготовить, а затем определяются конструкции МП, образованные из этих поверхностей. Далее определяется положение каждой конструкции МП в рабочей зоне станка, при котором возможно осуществить её обработку. После этого по каждой конструкции МП устанавливаются достижимые на данном станке диапазоны характеристик размеров, точности и шероховатости.

Заканчивается определение ТВ станка кодированием полученного множества МП.

В итоге за каждым станком из станочного парка предприятия будет закреплён перечень МП, которые можно на нём изготовить. В качестве примера в *таблице 1* приведены модели станков и закреплённые за ними МП.

Таблица 1.

Модель станка	Изготавливаемые МП
Токарно-винторезный станок SAMAT-400M	Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б312, Б321, Б41, Б42, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21, С22
Вертикально-сверлильный станок Profi ZXB5150	Б211, Б311, Б41, Р112, Р121, С112, С121
Горизонтально-фрезерный станок VFT6032A	Б11, Б12, Б211, Б212, Б221, Б222, Б311, Б321, Б41, Б42, Р111, Р112, Р121, Р122, Р21, Р22, С111, С112, С121, С122, С21, С22
Плоскошлифовальный станок М7132	Б12, Р112, С112
Станок для шлифования коленчатых валов MQ8260B	Б312, Р122, С122

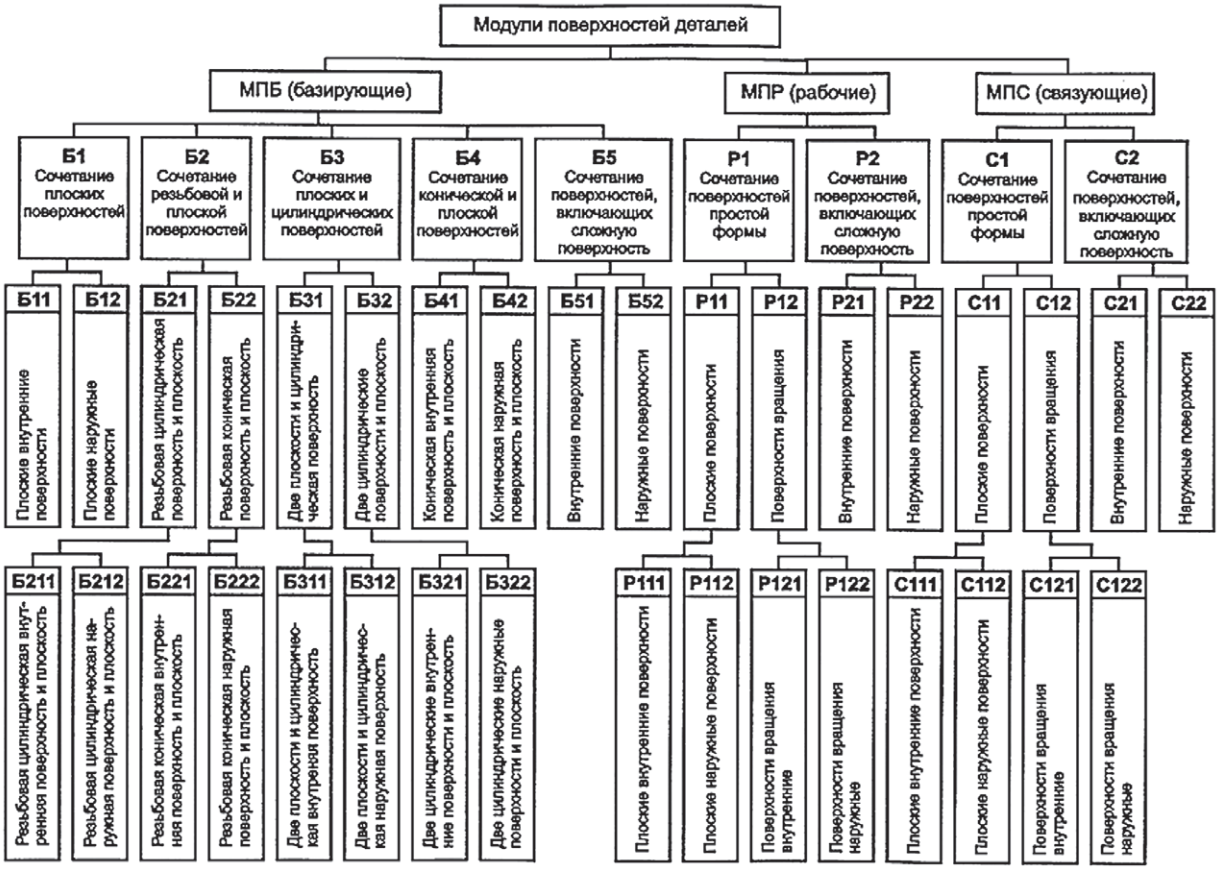


Рис. 2. *Классификация МП по функциональному признаку.*

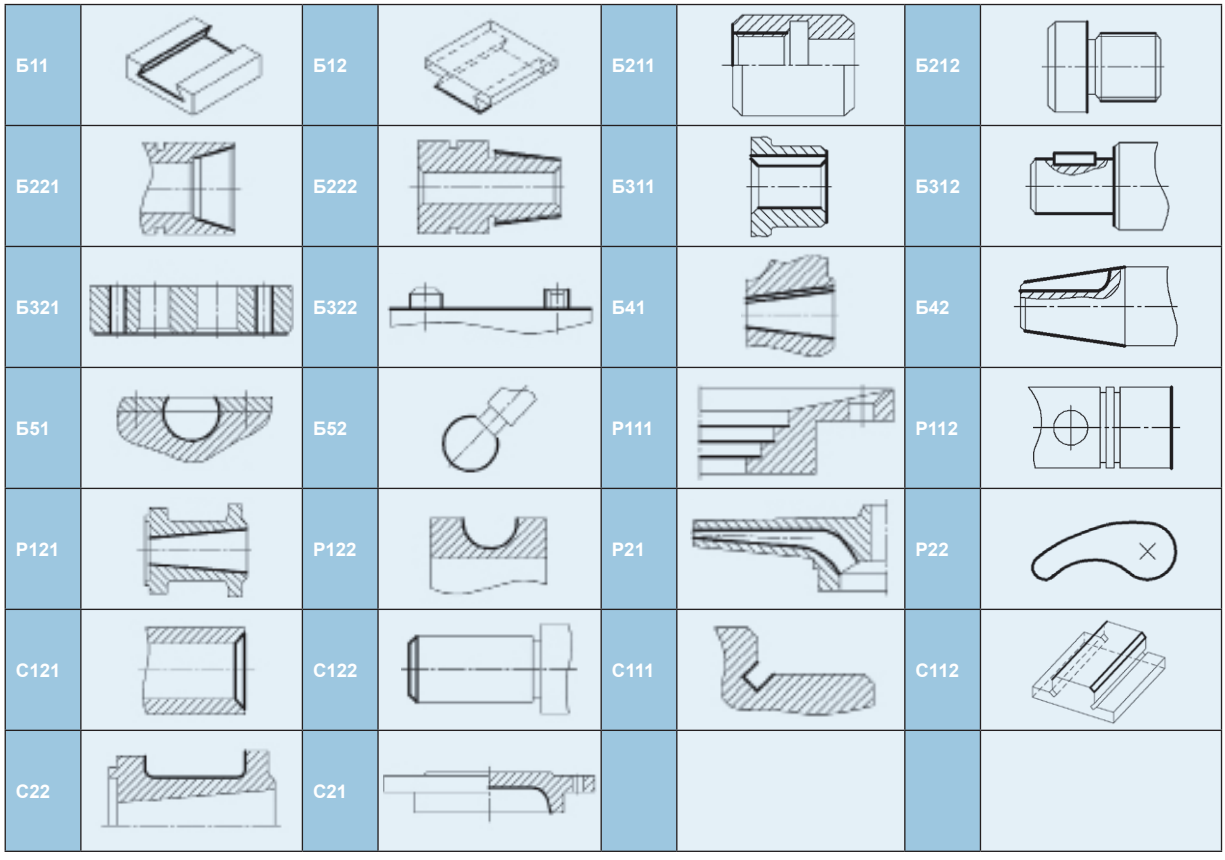
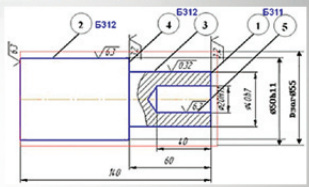


Рис. 3. *Примеры конструктивного оформления МП.*

Проектирование операционной технологии изготовления детали и формирование групп оборудования на основе модульной технологии дтн.,профессора Базрова Б.М.

Пример: Спроектировать операционную технологию изготовления детали Вал на основе модульной технологии.

Метод предполагает:
1. Представление конструкции детали как взаимосвязанные модули поверхностей с их параметрами.
2. Формирование «Плана операции» на основе классификатора модулей поверхностей.



План операции

№№ шаг	Пов	Тип пов-ти	Типовой переход	МП	Условие
1	-		Установить пруток		(NOn=ПервOnMex)and(ЗагПрут=ДА)
2	-		Подать пруток до упора на L=147		(NOn=ПервOnMex)and(ЗагПрут=ДА)
3	2	Нар.цил.		Б312	
4	1	Торец		Б311	
5	1	Торец	Центровать торец 1		pos('Сверлить',ТекстПер)>0
6	5	Отв		Б311	
7	3	Нар.цил.		Б312	
8	4	Торец		Б312	
9	-		Отрезать деталь		(NOn=ПервOnMex)and(ЗагПрут=ДА)

Рис. 4. *3-й метод формирования станочных групп и привязки к ним деталеопераций.*

План операции на основе специальной методики автоматически преобразуется в алгортимизированный ТП (АТП)

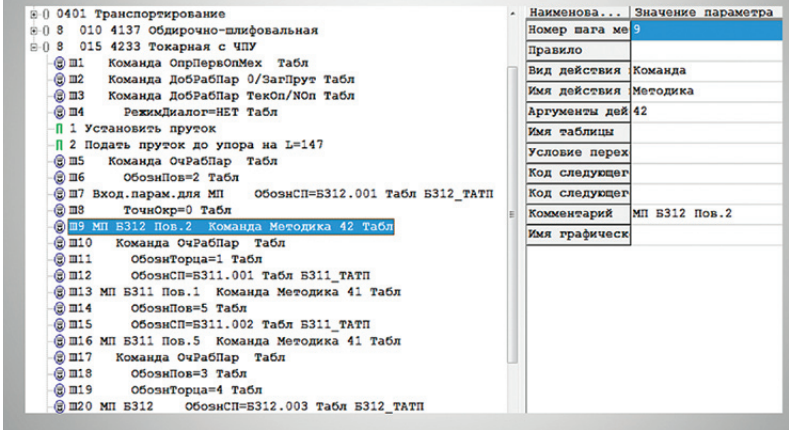


Рис. 5. *Алгоритмизированнный ТП.*

При наличии такой информации технолог, проектируя технологические операции в САПР ТП, делает запрос в банк данных по имеющемуся станочному парку предприятия, определяет возможные модели станков и с учётом дополнительных данных выбирает модель станка для изготовления заданных МП.

САПР ТП «ТЕМП». МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ГРУПП И ПРИВЯЗКИ К НИМ ДЕТАЛЕОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИИ САПР ТП – MES

Одним из самых сложных моментов в формировании баз данных для расчёта производственного расписания в MES-системе является формирование групп оборудования: множества инвентарных номеров оборудования, способных выполнить конкретные деталеоперации.

По мере развития интеграции САПР ТП-MES методы формирования станочных групп и привязки к ним деталеопераций постепенно менялись:

1. Только **MES**. Формирование групп оборудования «вручную», диалоговая привязка деталеопераций к группам оборудования в MES-системе;

2. Синхронизация **САПР ТП** и **MES**. Формирование групп оборудования в MES-системе и САПР ТП «вручную», привязка деталеопераций к группам оборудования в атоматизированном режиме в САПР ТП;

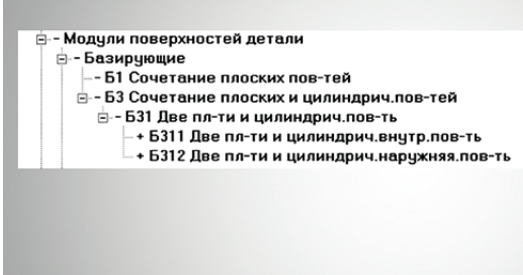
3. **«Центр тяжести»** формирования групп перемещается в **САПР ТП**. Автоматизированное формирование групп оборудования и привязка к ним деталеопераций в САПР ТП.

Вначале группы оборудования формировались только в диалоговом режиме в системе оперативно-календарного планирования ФОБОС, затем появилась возможность формировать их (по-прежнему в диалоге) в обеих системах, а сейчас решить эту задачу можно в автоматизированном режиме – формирование групп оборудования и привязка к ним деталеопераций осуществляется в САПР ТП, а затем состав станочных групп и связанных с ними деталеопераций передаются в MES-систему.

В 3-ем методе интеграция САПР ТП и MES-системы основана на единстве принципов формирования групп оборудования для выполнения деталеопераций – множеств инвентарных номеров оборудования, способных изготовить конкретные модули поверхностей с учётом требуемых параметров качества.

Пользователю только необходимо уточнить, на основе каких модулей поверхностей по классификации Б.М. Баз-

3. Далее во время автоматического преобразования АТП в операционную технологию изготовления вала происходит считывание значений параметров модулей поверхностей (МП) из таблиц банка данных МП.



Комментарий	ВидМат	L	D	D1	ПрипСумЦП	КвалЦП	RaЦилНар	ПрипСумТорц	КвалПлоск	RaПлоск	ОбознСП
1.Точение наружнего дис	Сталь	146	55	0	2,5	11	6,3	0	0	0	Б312.001
2.Подрезка наружнего тс	Сталь	27,5	0	55	0	0	0	1	99	3,2	Б312.002
3.три перехода точ., пс	Сталь	60	40	50	5	7	0,32	1	11	3,2	Б312.003
4.один переход черн.точ	Сталь	10	7	77	1,2	14	44	1,1	13	44	Б312.004
5.четыре перехода точ.,	Сталь	12	9	77	3,2	7	1,6	0,2	8	1,6	Б312.005

Рис. 6. *Считывание значение параметров МП.*

рова будет происходить проектирование переходов обработки конкретных поверхностей данной детали. Далее проектирование операционной технологии происходит в автоматическом режиме.

Промежуточная стадия автоматического проектирования операционной технологии на основе модулей поверхностей – алгоритмизированный ТП.

В режиме автоматического проектирования операционной технологии из базы данных модулей поверхностей (МП) выбираются значения параметров МП данной

Во время преобразования АТП в операционную технологию этапы плана операции преобразуются в последовательности переходов с режимами резания и временами выполнения перехода.

Это преобразование происходит на основе методик, соответствующих типу модулей поверхностей (МП), которые постепенно, начиная от готовой поверхности, выбирают суммарный припуск и, таким образом, формируют требуемое количество переходов на основе таблиц принятия решений.

ВидМат	L	D	КвалЦП	RaЦилНар	Припуск	Nпп	ТекстПер	S	N	Tв
	0	6	6	0,2	0	0		0	0	0
Сталь	39,99	10	9	1,6	0,13	1	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,028	10000	0,05
Сталь	39,99	10	10	6,3	0,25	2	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,07	8000	0,05
Сталь	39,99	10	12	25	0,45	3	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,28	6000	0,05
Сталь	39,99	10	14	50	4	4	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,28	4000	0,05
Сталь	39,99	18	14	50	1,3	0		0	0	0
Сталь	120	50	9	1,6	0,13	1	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,028	2500	0,05
Сталь	120	50	10	6,3	0,25	2	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,175	1200	0,05
Сталь	120	50	13	25	4	3	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,63	800	0,05
Сталь	200	80	10	6,299	0	0				
Сталь	200	80	12	12,5	4	0	Точить наружную пов-ть &ОбознПов, выдерживая размеры ØD=&D, Ra(ц	0,9	1200	0,05
Сталь	999	80	12	12,5	4	0	Отрезать деталь	0,6	480	0,05

Таблица выбора нужного количества переходов с промежуточными припусками и режимами резания
МП Б312, точение наружной цилиндрической поверхности

Рис. 7. *Автоматическое проектирование технологических переходов.*

В результате получаем последовательность переходов с режимами резания:

```
ТП на изготовление детали ПЛАН ОПЕРАЦИИ – РЕЗУЛЬТАТ Вал
  0205 Входной контроль
  0401 Транспортирование
    Транспортировать заготовки со склада в цех 8
  8  005 4287 Абразивно-отрезная
    Отрезать заготовку L=1000мм
  0401 Транспортирование
    Транспортировать детали из цеха 8 в цех 5
  8  010 4137 Обдирочно-шлифовальная
    Шлифовать фаски 3х30° с двух сторон.
  8  015 4233 Токарная с ЧПУ
    1 Установить пруток
    2 Подать пруток до упора на L=147
    3 Точить наружную пов-ть 2 выдерживая размеры ØD=55 Ra(цп)=6,3
    4 Подрезать торец 1
    5 Центровать торец
    6 Сверлить отверстия D=20 на L=47 Ra(цп)=6,3
    7 Точить наружную пов-ть 3 выдерживая размеры ØD=40,76 Ra(цп)=25
    8 Подрезать торец 4 выдерживая размер ØD=50,76 Ra(т)=25
    9 Точить наружную пов-ть 3 выдерживая размеры ØD=40,26 Ra(цп)=6,3
    10 Подрезать торец 4 выдерживая размер ØD=50,26 Ra(т)=6,3
    11 Точить наружную пов-ть 3 выдерживая размеры ØD=40 Ra(цп)=0,32
    12 Подрезать торец 4 выдерживая размер ØD=50 Ra(т)=1,6
    13 Отрезать заготовку L=140 мм
```

Рис. 8. *Результат – операционная технология.*

Операционная карта механической обработки, сформированная в САПР ТП «ТЕМП»:

ГОСТ3.1404-86 ФОРМА 3 САПР

Дубл.											
Взам.											
Подп.											
								10141.00568		2	1
Разраб.				ОАО ПРЕДПРИЯТИЕ	ПЛАН ОПЕРАЦИИ - РЕЗУЛЬТАТ				60141.00913		
Пров.											
Нормир.											
Н.контр.					Вал				8		015

НАИМЕНОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ	МАТЕРИАЛ	ТВЕРДОСТЬ	ЕВ	МД	ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ	МЗ	КОИД
Токарная с ЧПУ	ЛС59-1	90НВ	кг	0,025	ф12х1000		1

ОБОРУДОВАНИЕ,УСТРОИСТВО ЧПУ	ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ	То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ
TORNADO.T2		6.800	1.020	22	10,02	Эмульсия

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
О001	1. Установить пруток								
О002	2. Подать пруток до упора на L=147								
О003	3. Точить наружную пов-ть 2 выдерживая размеры ØD=55 Ra(цп)=6,3								
Р004			55	153	2	1	0,9	1200	207
О005	4. Подрезать торец 1								
Р006			55	34,5	0,3	1	0,63	1200	207
О007	5. Центровать торец 1								
Р008			5	3,8	2,5	1	0,28	500	8
О009	6. Сверлить отверстия D=20 на L=47 Ra(цп)=6,3								
Р010			20	47	10	1	0,028	500	31
О011	7. Точить наружную пов-ть 3 выдерживая размеры ØD=40,76 Ra(цп)=25								
Р012			40,76	95	4	1	0,63	800	102
О013	8. Подрезать торец 4 выдерживая размер ØD=50,76 Ra(т)=25								
Р014			50,76	102	0,62	1	0,63	800	128
О015	9. Точить наружную пов-ть 3 выдерживая размеры ØD=40,26 Ra(цп)=6,3								
ОК	МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА								6

Первая страница операционной карты

Рис. 9. *Результат проектирования в виде документа.*

Методика автоматизированного формирования групп оборудования

Этап 1

Автоматический выбор перечня инвентарных номеров оборудования на основе параметров, определяющих вид обработки, профиль и размеры заготовки:

	ВХОД		ВЫХОД				ВХОД					
Уч	Операция		Модель	Инв.№ / Mach_id		Тип патрона	Заготовка-Пруток	Профиль	D (S,B)		L	
	Код	Наим.							от	до	От	до
1	4233	Токарная с ЧПУ	ЛА155Ф30	20122	101	Цанговый	ДА	Круг	7	16	1000	3000
				20123	102			Квадрат	11	11	1000	3000
			TORNADO.T2	10001	103			Круг	4	42	1000	1000
				10002	104			Квадрат	22	22	1000	1000
				10003	105			Шестигранник	17	17	1000	1000
				10004	106				22	22	1000	1000
				10005	107				24	24	1000	1000
				18221				Круг	16	40	1000	3000

Рис. 10.*. Таблица автоматического формирования группы оборудования.*

Рис.11. *Характеристика станка «на языке» МП.*

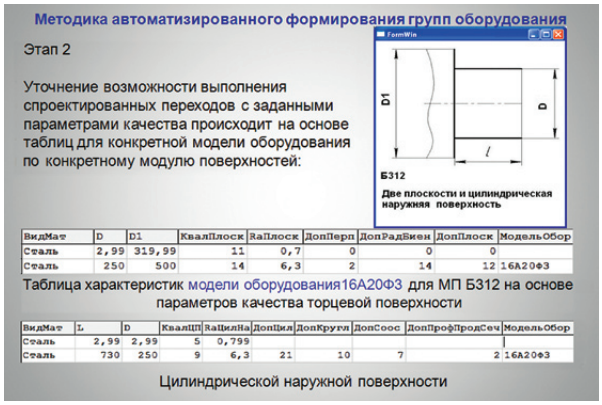


Рис. 12. *Уточнение возможности получения требуемого качества.*

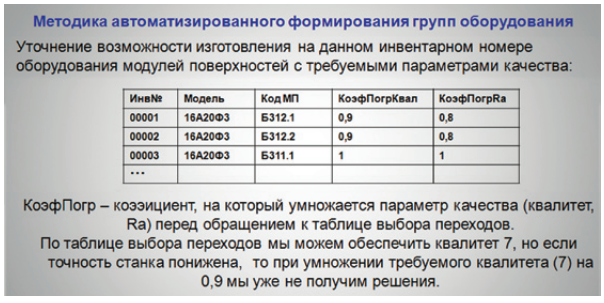


Рис. 13. *Учёт состояния конкретного инвентарного номера оборудования.*

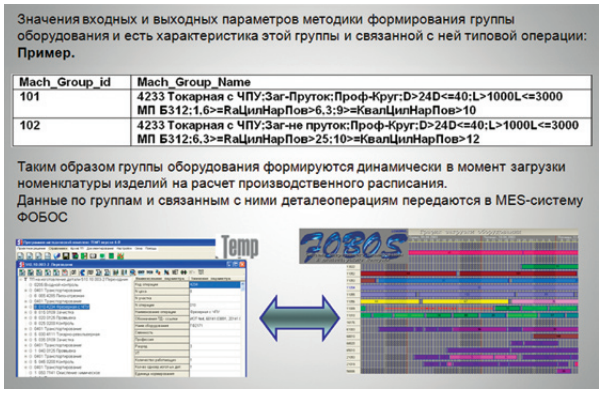


Рис. 14. *Подготовка данных для экспорта в MES-систему.*

детали. Исходными данными для этой задачи может служить 3D-модель ДСЕ.

Или в виде операционной карты механической обработки по ГОСТ 3.1404-86:

А теперь рассмотрим методику собственно формирования групп оборудования.

После проектирования переходов, на основе таблиц принятия решений, по коду конкретного модуля поверхностей проверяется возможность выполнения этого перехода на различных моделях оборудования.

На основе коэффициентов, учитывающих состояние каждого инвентарного номера оборудования, происходит формирование группы оборудования из инвентарных номеров, способных при выполнении всех переходов операции гарантировать требуемые значения параметров качества.

Автоматически формируются характеристики типовых операций, связанные с конкретными группами как интервалы значений технологических параметров, определяющих, с одной стороны, вид обработки, особенности заготовки и материала, с другой – параметры качества изготавливаемых модулей поверхностей.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТАВЛИВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

Модульная технология позволяет обеспечить требуемое качество за счёт того, что выбор оборудования и проектирование технологии основаны на гарантии обеспечения качества параметров, характеризующих качество изготавливаемого изделия.

Оптимальный контроль качества этих параметров можно реализовать через интеграцию программного модуля с САПР ТП и MES, который будет взаимодействовать с БД контролируемых параметров по изготавливаемым ДСЕ и результатам измерений и контроля правильности выполнения технологических операций на предприятии. При таком варианте контроля можно существенно снизить участие человека путём разработки специализированных методик обнаружения брака, которые позволят автоматизировать процесс контроля качества изготавливаемых ДСЕ. Из САПР ТП в базу данных поступает информация по контролируемым параметрам, которые позволяют нам судить о правильности выполнения технологического процесса, а во время выполнения конкретной деталеоперации в MES-системе необходимо организовать диалог с сотрудником ОТК, в результате которого будет зафиксировано наличие дефектных деталей. При этом есть возможность зафиксировать по каким именно контролируемым параметрам конкретная деталь имеет какой-либо дефект, и ввести значения размеров, которые явились причиной брака.

Таблица 2.

Формирование базы данных результатов контроля.

Контролируемые параметры	Обозначение средств ТО	Наименование средств ТО	Кол-во		Значения параметров	
			Испр.	Неиспр.	Испр.	Неиспр.
М20х1.5-6g	ПР8211-0082	Кольцо резьбовое М20х1.5-6g	21			
М20х1.5-6g	НЕ8211-1082	Кольцо резьбовое М20х1.5-6g		33		
ф12Н11(+0.11)	МТ8133-4106-02	Пробка 12Н11(+0.11)	14			
10h14(-0.36)	МТ8102-4615	Скоба 10h14(-0.36)				
3Н14(+0.25)	МТ8154-4053-03	Калибр 3Н14(+0.25)				
2+-0,25	ШЦ-I-125-0.1	Штангенциркуль ГОСТ 166-89	7	3	1,5;1,73	2,01;2,12

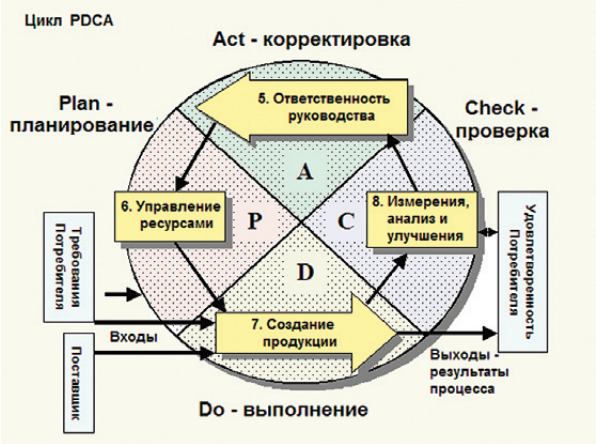


Рис. 15. *Цикл PDCA.*

Такая статистика позволит сделать любой анализ по предотвращению брака, удовлетворить требования многих международных отраслевых стандартов, базирующихся на ISO 9001 в части контроля и измерения продукции, и упростить реализацию третьего этапа цикла PDCA.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАСПИСАНИЯ

Важным звеном в «сквозной» реализации технологического процесса от его исходного проектирования до изготовления соответствующих деталей в производстве является процедура расчёта производственного расписания на основе сформированных станочных групп *(рис. 16)*. Это достигается за счёт использования оптимизирующих возможностей современных исполнительных производственных систем MES (Manufacturing Execution Systems). Как правило, формирование схемы оптимальной загрузки технологического оборудования опирается на многокритериальную оптимизацию, когда цеховой диспетчер имеет возможность рассчитывать и корректировать текущее расписание работ по нескольким критериям *(рис. 17)*.

Результат такого расчета визуализируется в виде диаграммы Гантта, пример которой приведен на *рис. 18*. В итоге повышается скорость прохождения материальных потоков через станочную систему.

ПОВЫШЕНИЕ ФОНДООТДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из основных показателей эффективности работы любого производственного предприятия является фондоотдача, или, как её ещё называют, коэффициент оборота основных средств. Арифметически фондоотдача рассчитывается просто (как отношение стоимости выпущенной продукции к стоимости основных средств), однако значимость этого фактора в глазах высшего руководства предприятия и инвесторов трудно переоценить, ведь чем выше этот показатель, тем более эффективно используются существующие мощности для выпуска новой продукции и, соответственно, получения прибыли, которая позволит предприятию в дальнейшем совершенствовать свои основные фонды.

Коэффициент фондоотдачи зависит от множества факторов и существенно разнится по отраслям, но можно с уверенностью сказать, что практически все промышленные предприятия заинтересованы в его увеличении, то есть, по сути, в более эффективном использовании своих средств производства (безусловно, в ряде случаев такая задача может быть отодвинута на второй план по сравнению с более актуальными, например, выходом на новый рынок).

Достичь его повышения можно различными путями, например, закупкой более эффективного оборудования, применением новых технологий (что в большинстве своём связано как раз с использованием нового оборудования), повышением эффективности использования уже имеющегося оборудования (например, введение дополнительных смен). Безусловно, каждый из шагов, направленных на увеличение показателя фондоотдачи, должен иметь под собой тщательное экономическое обоснование. К примеру, закупленное дорогое импортное оборудование за счёт своей высокой стоимости может привести к обратным результатам, если его вклад в повышение эффективности производства окажется незначительным (этот эффект может быть нивелирован в течение нескольких лет за счёт амортизации).

Отдельно хотелось бы остановиться на увеличении фондоотдачи за счёт повышения эффективности использования уже имеющегося оборудования, которое может быть

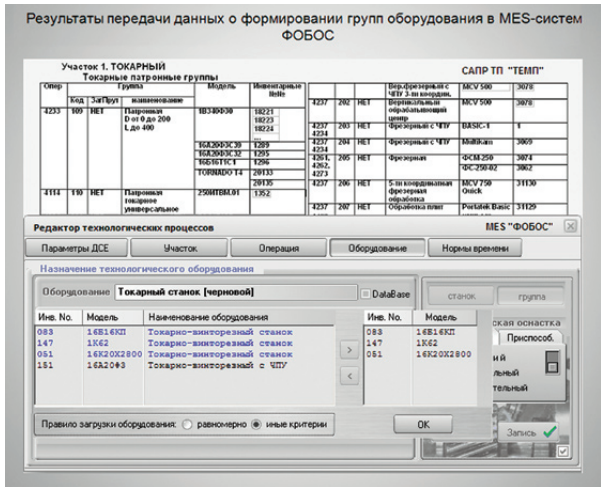


Рис. 16. *Результат импорта из САПР ТП групп оборудования.*

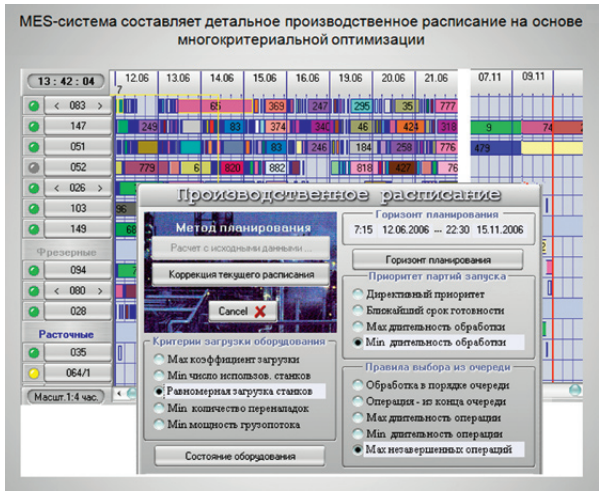


Рис. 17. *Критерии расчета оптимального производственного расписания.*

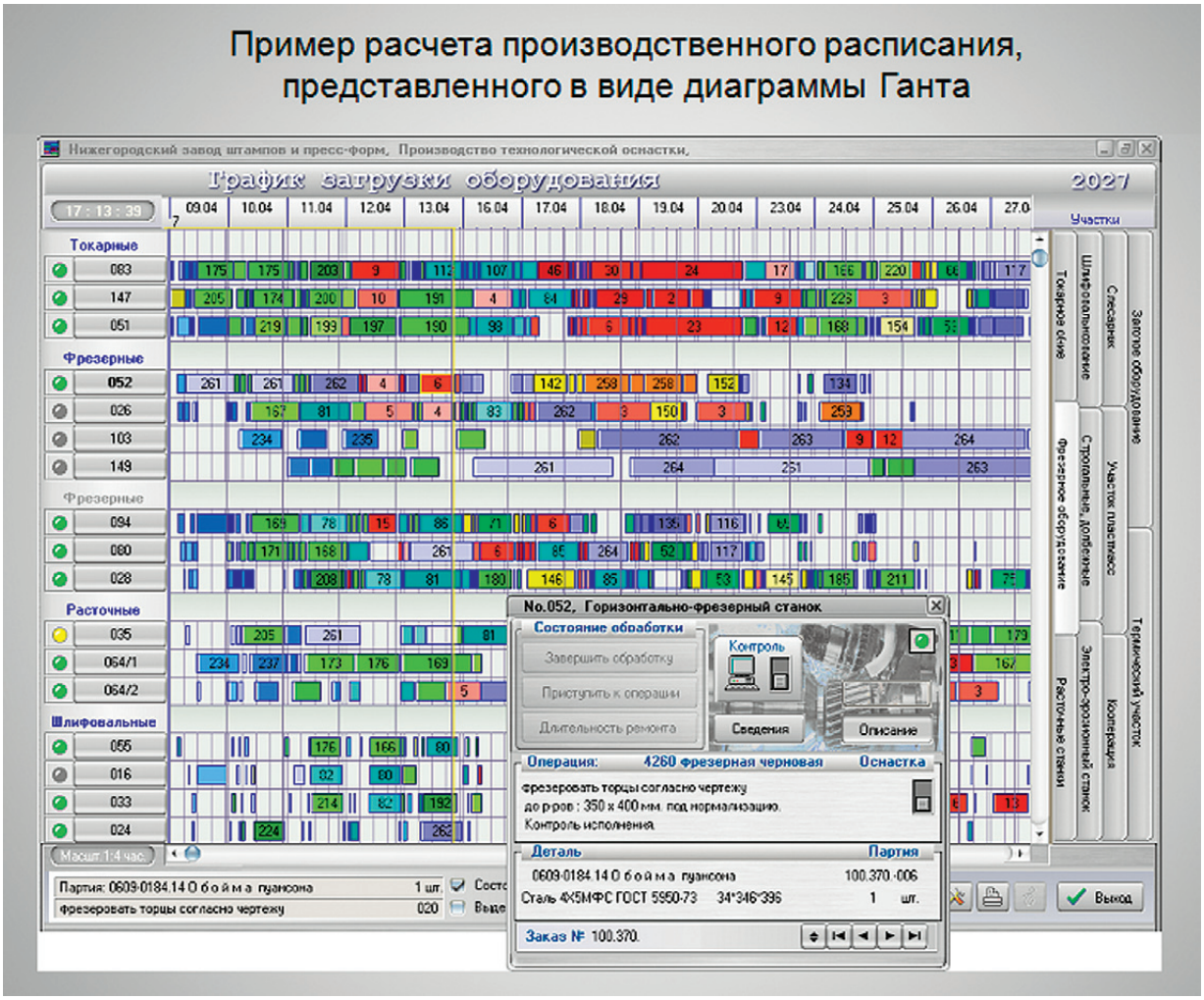


Рис. 18. *Пример результатов расчёта производственного расписания.*

в ряде случаев достигнуто без значительных финансовых вложений. Речь идёт, прежде всего, о правильной постановке управленческой работы, призванной снизить простои оборудования и сократить различные вспомогательные операции. В частности, подобные вещи ставит своей целью концепция бережливого производства, чьи основные принципы были сформулированы ещё в середине прошлого века на легендарной Toyota (сейчас, эти принципы обретают все большую популярность в России в качестве передового западного опыта). Стоит отметить, что японцы разработали свою уникальную на тот момент систему не от хорошей жизни, а во многом из-за того, что низкий послевоенный спрос не мог оправдать значительных инвестиций в оборудование, то есть японцы ставили во главу угла именно эффективное использование уже имеющегося оборудования.

В ряде случаев даже самая эффективная система менеджмента не в состоянии решить задачу рационального использования оборудования. В частности, речь идёт о мелко и среднесерийном производстве, где (в отличие от того же производства автомобилей) само построение оптимального графика загрузки представляет собой нетривиальную задачу (в качестве примера можно взять ремонтный цех крупного завода, где прогноз «заказов» крайне затруднён, и каждый из них в значительной степени уникален). Решить её помогают специальные программные комплексы, обладающие серьёзными математическими алгоритмами, позволяющими оптимальным образом формировать график загрузки оборудования. При использовании качественных продуктов коэффициент загрузки может быть повышен на десятки процентов, что в свою очередь непременно скажется на фондоотдаче.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.
2. Базров Б.М. Дёмин А.Б. Определение технологических возможностей станков // Вестник машиностроения. 2007, № 3, с. 47-50.
3. Фролов Е.Б., Крюков В.В., Тимофеев Д.Е., Крюков А.В. «Стандарты ИСО и промышленный софт на предприятии, или нужна ли директору «прозрачность» производства»//Станочный парк, № 9, 2010, стр. 56 - 61.

Б.М. Базров, *- д.т.н., проф.;* ***Е.Б. Фролов*** *- д.т.н., проф.;* ***В.В. Крюков*** *- к.т.н., доц.;* ***А.М. Арзыбаев****;* ***А.В. Сахаров****;* ***А.В. Крюков****;* ***Д.Е. Тимофеев****;* ***А.С. Тришкин****.*