

В проектировании под производство нет ничего сложного – был бы подходящий инструмент

Tobias Tauber, директор по взаимодействию с клиентами (aPriori Technologies, Inc.), Илья Ильин, инженер (АО "ИТС")

Сфера проектирования изделий постоянно меняется. Глобализация дала возможность компаниям расширять свой бизнес, но одновременно с этим появилось дополнительное давление, связанное с возникновением глобальной конкуренции. Сокращение периода вывода продукта на рынок является той целью, которую компании указывают в своих ежегодных отчетах. Первостепенная задача оказаться на рынке раньше конкурентов и стать лидером в своём сегменте оказывает существенное давление на команды специалистов, создающих новые продукты. Здесь можно выделить следующие ключевые моменты:

- Жизненный цикл многих изделий становится короче – к примеру, продолжительность жизни телевизора у стандартного потребителя в Германии сократилась с 10 лет до шести месяцев [1].

- Изделия становятся более сложными. Так, в 1974 году в комплекте автомобиля VW Golf I имелся всего один управляющий блок для электромотора, сегодня у Golf VI их уже полсотни [2].

- Как показывает практика, конструктор оказывает самое большое влияние на конечную стоимость изделия. Конструкторские решения могут составлять до 70% от общей стоимости; при этом на саму работу конструктора всего уходит порядка 5% от стоимости (рис. 1).

Какое это имеет отношение к проектированию под производство?

Прежде чем ответить на этот вопрос, давайте вернемся на шаг назад и попробуем дать определение словосочетания “проектирование под производство”. В книге *“Product Design for Manufacture and Assembly”* оно определяется как “проектирование с учетом максимальной технологичности изделия при изготовлении на базе имеющегося на предприятии оборудования” [3].

Главная цель этого метода – проектировать изделия с рациональной структурой, позволяющей минимизировать себестоимость изготовления, на что конструкторы влияют самым существенным образом. Кроме того, данный метод помогает избежать типичной ситуации, когда конструкторская документация претерпевает многочисленные изменения в процессе оптимизации конструкции, вызванной низкой

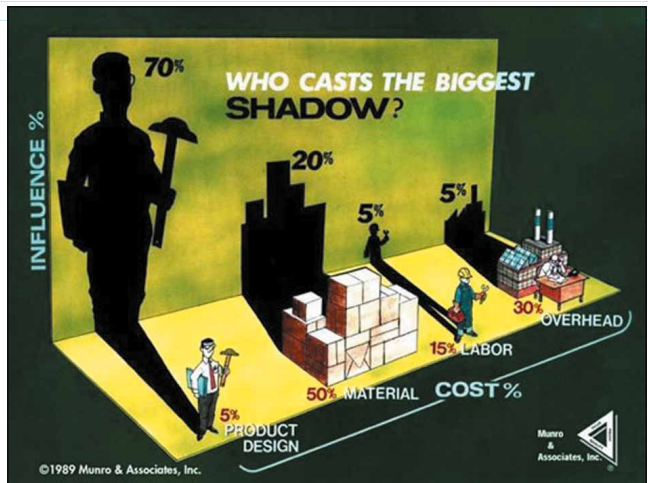


Рис. 1. Влияние различных факторов на стоимость изделия

степенью её технологичности. Эта проблема довольно часто становится причиной конфликта между конструкторами и технологами и поглощает неопределенное количество времени и средств, что, в свою очередь, может повлиять на сроки поставки изделия конечному пользователю.

Для максимально эффективного проектирования под производство требуется правильный инструмент

Конструкторам зачастую не хватает программного инструмента, который позволит им оценивать технологичность изготовления спроектированного изделия, эффективность и стоимость изготовления. Без таких инструментов они обычно стараются либо не выходить за пределы зоны компетентности, где чувствуют себя комфортно, либо консультироваться со специалистами по производству, на что затрачивается колоссальное количество времени. Несмотря на то, что такой обмен знаниями довольно полезен, он отнюдь не сокращает сроки изготовления изделия и затрудняет быстрый выход на рынок.

Для ведения эффективного проектирования под производство конструкторам должны быть доступны инструменты, позволяющие оценивать стоимость и технологичность альтернативных конструкторских решений. Одним из

лидирующих решений в данной области является программное обеспечение **aPriori** (латинским термином “*a priori*” обычно называют знание, полученное до опыта), созданное для расчета себестоимости изготовления изделий.

Одновременная оценка технологичности и себестоимости изготовления позволяет максимально ускорить выпуск изделий

Конструкторы, использующие *aPriori* в своей работе, получают возможность анализировать несколько вариантов конструкции за очень короткий промежуток времени.

Чтобы начать работу с этой системой, конструктор не должен обладать знаниями технолога – достаточно всего лишь указать четыре параметра (рис. 2):

- процессная группа (механическая обработка, литье, штамповка,ковка и др.);
- виртуальная производственная среда (*Virtual Production Environment, VPE*) – база данных предприятия-изготовителя, хранящая параметры парка его оборудования, материалов, процессов и их логики, значения норм оплаты труда и вовлеченности сотрудников и т.д.);

- материал детали;
- объем выпускаемой серии.

После запуска расчета система *aPriori* анализирует геометрию изделия и определяет так называемые **геометрические драйверы стоимости** (*Geometric Cost Drivers, GCD*) – области геометрии, которые оказывают максимальное влияние на стоимость и время изготовления изделия в рамках выбранного метода. Далее система автоматически выбирает самый выгодный технологический процесс, который можно реализовать на базе имеющегося на предприятии оборудования (рис. 3÷5).

Весь процесс оценки происходит практически в режиме реального времени и, благодаря минимальному ручному вводу данных, дает достоверный результат, что позволяет инженерам исследовать различные идеи, даже если они не актуальны для них на данный момент.

Преимущества такого подхода достаточно очевидны:

- Сокращение периода времени от начала проектирования до поставки

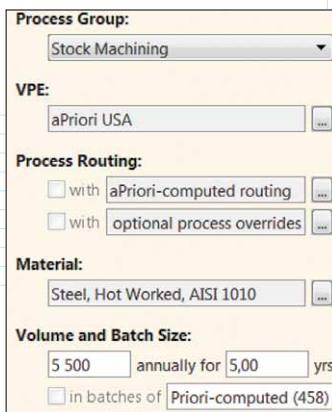


Рис. 2. Настройка входных параметров для начала работы

Переменные затраты (Variable Costs)	Current (RUB)
Стоимость материала (Material Cost)	11 162,42
Труд (Labor)	1 541,11
Накладные расходы (Overhead)	468,26
Время переналадки на деталь (Setup Cost Per Part)	33,46
Логистика (Logistics)	0,00
Накладные расходы на материал (Material Over...)	267,90
Расходный инструмент (Expandable Tooling)	86,05
Дополнительные прямые издержки (Additional ...)	0,00
Дополнительные затраты (Extra Costs)	0,00
Прочее (Misc)	353,95
Обработанная деталь (Piece Part)	13 559,21
Периодические затраты (Period Costs)	
Периодические накладные расходы (Period Ove...)	536,75
Коммерческие и административные расходы (S...)	1 343,15
Наценка (Margin)	0,00
Всего (Total)	15 439,10
Фиксированные расходы (Fixed Costs)	
Оснащение на деталь (Tooling Per Part)	0,00
Закрепление на деталь (Fixture Per Part)	0,91
Программирование на деталь (Programmin...)	1,63
Дополнительные амортизированные раско...	0,00
Амортизированные расходы (Amortized In...)	2,54
Полная стоимость (Fully Burdened Cost)	15 441,65
Капитальные затраты (Capital Costs)	
Стоимость оснастки (Hard Tooling Cost)	0,00
Стоимость закреплений (Fixture Cost)	24 947,40
Стоимость программирования (Program...)	44 957,11
Капитальные вложения (Capital Investme...	69 904,51

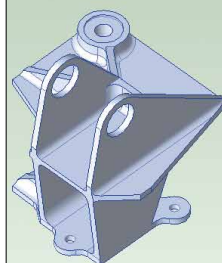


Рис. 3. Подробная карта стоимости изготовления детали методом механической обработки

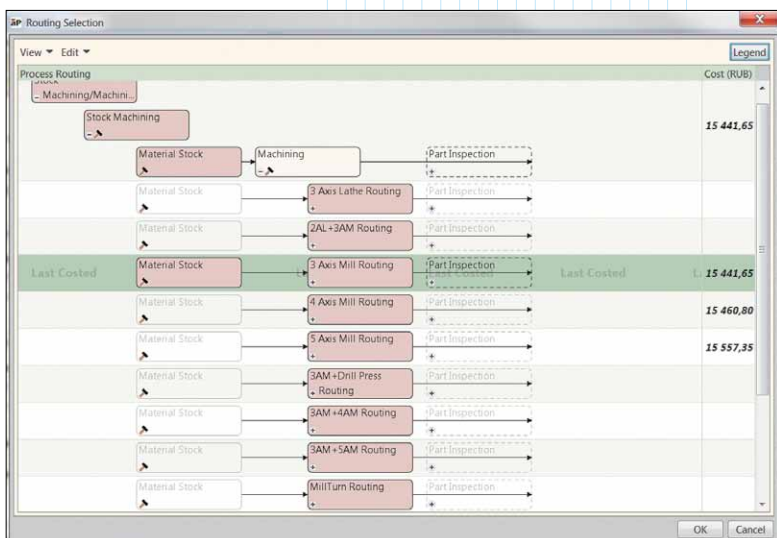


Рис. 4. Выбор оптимального оборудования при изготовлении детали методом механической обработки

Status	Process Step	VPE	Machine
	07_QUEST5A	aPriori USA	
	Stock Machining	aPriori USA	
	Material Stock	aPriori USA	Default Material Stock
	Machining	aPriori USA	
	Band Saw	aPriori USA	DoAll 3613-1 Vert
	StockTrim1	aPriori USA	DoAll 3613-1 Vert
	3 Axis Mill [3]	aPriori USA	Virtual 3 Axis Mill - Small
	Setup (SetupAxis:1)	aPriori USA	
	Roughing		
	Bulk Milling Surface		
	Finishing		
	Contouring		
	Facing		
	Facing:2		
	Facing:3		
	Filleting		
	General Mill Finishing		
	Indirect Filleting		
	Side Milling		
	Holemaking		
	Center Drilling		
	Counterboring		
	Countersinking		
	Drilling		
	Setup:2 (SetupAxis:2)	aPriori USA	
	Roughing		
	Bulk Milling Surface		
	Finishing		
	Facing		
	Side Milling		
	Setup:3 (SetupAxis:4)	aPriori USA	
	Roughing		
	Bulk Milling Surface		
	Finishing		
	Facing		
	Side Milling		
	Holemaking		
	Center Drilling		
	Drilling		
	Bulk Milling	aPriori USA	
	Bulk Milling Op		
	Bulk Milling Op:2		

Рис. 5. Технологический процесс изготовления методом механической обработки на выбранном оборудовании

создании конечного изделия (разработчики, изготовители, поставщики, подрядные организации и т.д.), могут взаимодействовать на единой платформе и, используя информацию о затратах, находить взаимовыгодные решения.

К примеру, компания *Honeywell*, являющаяся крупным производителем оборудования и систем авиационной техники, используя *aPriori* как инструмент для управления стоимостью изделия, смогла добиться следующих результатов:

- 12% ежегодной экономии на закупаемых деталях;
- 15% ежегодной экономии на механообработке поковок;
- 20% ежегодной экономии в проекте запуска нового промежуточного корпуса (проанализированы конструктивные и производственные альтернативы, определены потенциальные производственные трудности,

обнаружены и исключены факторы, влияющие на финальную стоимость).

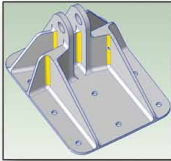
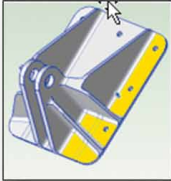
Возможность добиться прибыли

Метод проектирования под производство помогает предприятиям разрабатывать продукты максимально эффективно, не отвлекаясь на вопросы технологичности, оптимизации конструкции и ограничений по времени. Начав управлять стоимостью уже на этапе проектирования, можно добиться сокращения расходов на величину до 70%. Даже если изделие уже находится на этапе серийного производства, то, используя подобный метод, можно попробовать оптимизировать его конструкцию и технологический процесс изготовления. Но чтобы стало возможным решать подобные задачи, компании должны предоставить конструкторам, снабженцам, экономистам и технологам подходящие инструменты – такие, как *aPriori*.

Отличительные особенности системы *aPriori*:

- 1 Система автоматически анализирует трехмерные модели, созданные в основных CAD-системах, и выявляет элементы, которые влияют на стоимость изготовления.
- 2 При расчете стоимости изготовления система учитывает все допуски и технические условия.
- 3 Можно оценить влияние любого изменения геометрии изделия на стоимость изготовления (рис. 6).

Исходная конструкция

Проектирование под производство

- Увеличение радиуса с 8 до 16
- Заменить смещенную криволинейную поверхность на плоскую

Влияние внесенных изменений

- Изначально полная стоимость детали составляла \$670.29
- Стоимость спроектированной под производство детали составила \$510.56
- Экономия составила \$159.73 за деталь
- Сокращение стоимости на 24%

Спроектировано под производство

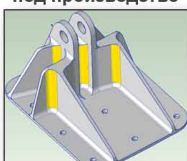
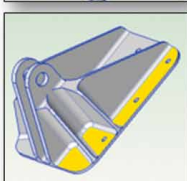



Рис. 6. Влияние изменений геометрии на себестоимость детали

3D печать



\$\$\$

Мех. Обработка



\$\$

Отливка



\$

Рис. 7. Оценка альтернативных способов изготовления детали

4 Можно оценить альтернативный процесс изготовления, используя стоимость в качестве ключевого показателя (рис. 7).


5 Производится симуляция производственного процесса на базе имеющейся виртуальной производственной среды изготовителя (VPE).

6 Расчеты осуществляются на основе баз данных для различных географических регионов и предприятий.

Таким образом, можно утверждать, что система *aPriori* – первое корпоративное решение, позволяющее мгновенно и подробно оценивать себестоимость изделия еще до запуска в производство, что положительно влияет на прибыльность компании в целом. Использование системы *aPriori* позволяет значительно улучшить экономические параметры программ выпуска изделий, благодаря возможности управлять стоимостью изготовления еще на этапе выпуска конструкторской документации.

Совместный опыт компаний “Инновационные технологии и решения” (АО “ИТС”) и *aPriori Technologies, Inc.* в решении задач оптимизации цикла проектирования и производства изделия позволяет нашим клиентам

и партнерам эффективно управлять стоимостью продукта и добиваться увеличения прибыли.

Кроме того, специалисты АО “ИТС” обладают широким спектром знаний и опытом по разработке и созданию систем бесперебойного производства (в том числе “под ключ”), их оптимизации, развитию и восстановлению. Компания также поставляет CAD/CAM/CAE/PDM-системы и оборудование для формования и механической обработки металлических и композиционных деталей. 

Литература

1. www.tagesspiegel.de/wirtschaft/produktlebenszyklen-immer-schneller-neuer/4041756.html
2. Preu M. (Head of Cost Management at VW AG). *Unter Innovationsdruck mit Kostenmanagement besser werden*, 2015.
3. Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W.A. *Product Design for Manufacture and Assembly (Manufacturing Engineering and Materials Processing)*. Third Edition. CRC Press, 2010.



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ
INNOVATION TECHNOLOGIES AND SOLUTIONS

Филиал
в Республике Башкортостан
Россия, г. Уфа
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru

Центральный офис
Россия, 129366, г. Москва
ул. Ярославская, д. 13 а, офис 5
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru

Филиал
в Северо-Западном округе
Россия, г. Санкт-Петербург
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru