

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБКОГО МАЛОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ

*К.Т.Н., доц. Дубовец В.С.,*

*К.Т.Н., доц. Ковалев А.Л.,*

*К.Т.Н., доц. Сидурский Д.Н.*

*(Вл. Ко.)*

Очевидная тенденция уменьшения серийности и сокращения сроков запуска новых моделей в обувном производстве, в ответ на современные требования рынка, вызывает необходимость обеспечения его гибкости без дополнительных издержек. Наибольший резерв повышения гибкости традиционно находится на подготовительных этапах, где формируется базовое информационное обеспечение всей технологической цепочки производства.

Информационные потоки условно разделим на два принципиально различных вида. К первому виду отнесем технико-экономическую информацию. Эта информация, в основном, характеризует объемные показатели производства, зависит от принятой технологии и имеет способность к усреднению, типизации и, соответственно, тиражированию только в рамках принятой технологии. Если технологический процесс типовой для большого числа моделей, то технико-экономическая информация может оставаться неизменной на относительно продолжительном интервале времени.

Ко второму виду отнесем геометрическую информацию (форму обуви). Она в наибольшей степени характеризуется изменчивостью, так как наиболее жестко связана с моделью. Таким образом, процессы формообразования в обувном производстве являются наиболее значимыми для обеспечения его гибкости.

С точки зрения геометрической информации главной особенностью продукта производства (обуви) является почти предельное разнообразие. Оно обусловлено не только традиционными субъективными (мода, эстетическое восприятие), но и объективными (форма стопы конкретного потребителя) факторами. Это означает, что идеалом обувного производства является индивидуальный пошив. Имеется в виду не просто ручная работа, а изготовление обуви под заказ, что, естественно, не осуществимо в масштабах всего рынка.

Предельное разнообразие обуви, обусловленное объективными факторами, традиционно сокращается за счет введения размерных и полнотных рядов, а также улучшения деформационных свойств применяемых обувных материалов. Разнообразие же моделей никак не может быть унифицировано по определению и поэтому предъявляет наиболее жесткие требования к гибкости производства.

Анализ технологии формообразования (с учетом используемых систем автоматизированного проектирования) обуви позволяет разделить их на двумерное (2D) и трехмерное (3D) формообразование.

2D геометрическая информация относится к производству связанному с получением плоских деталей верха и низа. 3D геометрическая информация - к дополнительному производству, а именно, изготовлению формообразующей оснастки: колодок, прессформ, штампов и т.п. Очевидно, эти два вида информации характеризуют различные, разнесенные во времени и пространстве, этапы технологической цепи, сходящейся при формировании обуви.

Следовательно, на сколько будет обеспечена гибкость этих этапов, на столько она будет характерна и для обувного производства в целом. Чем мень-

ше время реализации этих этапов для каждой новой модели обуви, тем быстрее готовая обувь поступит потребителю.

Обеспечение технологической гибкости, как известно, определяется инструментом [1]. Чем более универсальный инструмент, тем выше гибкость технологического процесса. Так для 2D-процессов в обувном производстве обычно применяют либо резак, либо лазер или другие точечные инструменты (струя воды, газовая горелка и т.п.). Резак не имеет технологической гибкости и предназначен для заготовки деталей только одной конкретной формы, модели и размера. Точечный инструмент, управляемый по программе, обладает почти абсолютной технологической гибкостью, так как для выкраивания любой другой детали, отличной от предыдущей, ему не требуется переналадка или замена.

Однако гибкая технология стоит дороже чем жесткая и поэтому ее использование оправдано только там, где потребность в ней высока.

2D геометрическая информация изменяется наиболее часто. Соответственно, заготовительный этап должен обладать наибольшей гибкостью. Информационное обеспечение этого технологического этапа достаточно полно осуществляется существующими системами проектирования. Узким местом его является переход от компьютерной модели к детали. В существующих производствах для его осуществления используются промежуточные жесткие носители информации (лекала, резак), составляющие основу накладных расходов, и, соответственно, снижающие гибкость.

Рассмотрим информационную модель производства плоских деталей (2D-процессом) (Рис.1). Можно выделить два принципиально различных этапа: конструирование комплекта деталей и производство (изготовление серии).

Этап конструирования имеет рекурсивную информационную структуру. Он заключается в постепенной многошаговой доводке некоторого, первоначально полученного по формальной методике, проекта комплекта деталей. На каждом шаге детали должны быть изготовлены, собраны в готовый образец обуви и пройти испытания, по результатам которых в них вносится коррекция, выполняется неформальное перепроектирование и процесс вновь повторяется. Таким образом, каждый опытный комплект деталей изготавливается лишь один раз, то есть производство имеет единичный характер.

На схеме рис. 1 представлены два крайних варианта технологического обеспечения конструирования. Жесткий вариант (путь указан штриховыми линиями) включает изготовление лекал, резак и вырубку деталей. Гибкий вариант (путь указан сплошной линией) реализуется непосредственным выкраиванием деталей лазером по программе. Эти варианты технологий обладают значительным различием в сопровождающей их технико-экономической информации. Проведем принципиальное сравнение структуры технико-экономической информации, воспользовавшись упрощенными качественными характеристиками.

Себестоимость изготовления деталей по гибкому варианту  $c_v$  определяется издержками раскрой лазером  $c_{рл}$  и существенно ниже себестоимости жесткого варианта  $c_n$ , включающей, кроме раскроя лекал,  $c_n$  издержки изготовления резак  $c_r$  и вырубки  $c_{рв}$ .

$$c_v = c_{рл}; \quad (1)$$

$$c_n = c_n + c_r + c_{рв} = c_n + c_{рв}. \quad (2)$$

Хотя  $c_{рл} \gg c_{рв}$ , вероятно, что  $c_{рл} \approx c_n$ , так как раскрой лекал и деталей будет производиться по сходной технологии с использованием точечного инструмента. Таким образом, технологическое обеспечение конструирования эффективнее реализовать по гибкому варианту.

Информационная модель изготовления серии деталей имеет линейную структуру, включающую все элементы процесса технологического обеспечения конструирования, за исключением того, что изготавливается не один комплект, а партия деталей. Производство партии также может быть реализовано по гибкому и жесткому вариантам. При этом себестоимость гибкого варианта  $C_g$

$$C_g = C_n N = C_{рл} N,$$

а себестоимость жесткого варианта  $C_n$

$$C_n = C_n + C_n + C_{рл} N = C_n + C_{рл} N.$$

Тогда себестоимость изготовления одного комплекта для гибкого варианта будет такой же, как и на этапе технологического обеспечения конструирования

$$C_g = C_{рл} \quad (3)$$

а для жесткого варианта

$$C_n = C_n/N + C_{рл}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что себестоимость одного комплекта по жесткому варианту зависит от величины серии, уменьшаясь с ее ростом. Графики себестоимости комплекта в зависимости от величины серии для гибкого (1) и жесткого (2) вариантов представлены на рис. 2.

Значение  $N_{кр}$  определяет границу эффективности жесткого варианта технологии и при величине серии  $N < N_{кр}$  гибкая технология эффективнее жесткой.

Естественно, что вышеприведенные формулы носят качественный характер и отражают лишь базовые элементы структуры себестоимости. В то же время, из них вытекает очень важный вывод: применимость жесткого варианта технологии допустима только тогда, когда технологическая цепочка содержит элементы, связанные с тиражированием на основе одной и той же геометрической информации. Поэтому, на основе формул (3,4), в конкретном производственном случае можно заранее оценить и выбрать эффективный вариант технологии.

Особенно важным при выборе технологии является то, что технология практически не оказывает влияния на геометрическую информацию, то есть проектирование и производство являются с этой точки зрения независимыми. Это делает возможным использование стандартных форматов геометрической информации для всей производственной цепочки. Более того, стандартизация информации позволяет повысить эффективность производства в целом за счет специализации. Особенно это проявляется в дополнительном производстве, связанном с 3D-геометрической информацией.

Рассмотрим это на примере производства обувных колодок. Для него, также как и для производства плоских деталей, можно выделить этап обеспечения проектирования и этап изготовления серии. Действительно, чтобы добиться качественных параметров формы колодки необходимо проделать значительное количество итераций конструирования-изготовление-испытание. То есть процесс технологического обеспечения проектирования имеет рекурсивный характер и, соответственно, как и в предыдущем случае, обеспечение его эффективности возможно на базе гибкой технологии (например, быстро развивающейся новой технологии формообразования - послойный синтез - позволяющей получать твердую форму (модель) непосредственно по 3D геометрической информации [2]). Сравнение структуры технико-экономической информации для этого этапа может так же быть выполнено по аналогии с формулами (1,2).

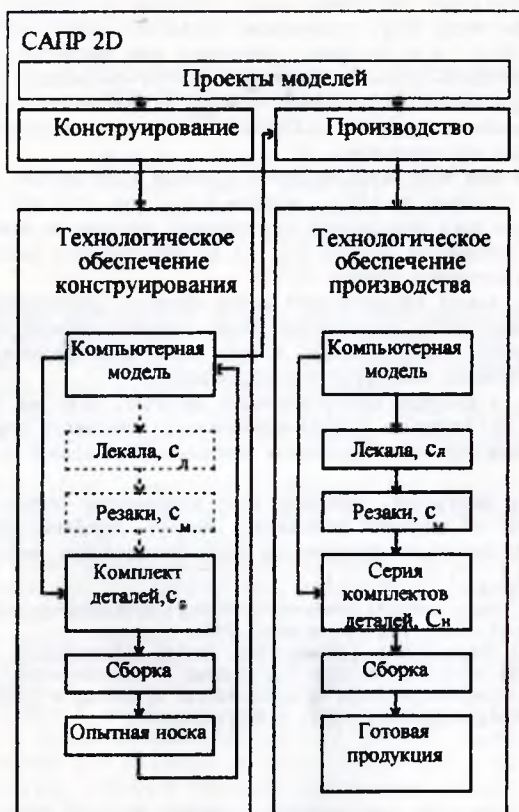


Рис. 1. Информационная модель производства плоских деталей обуви

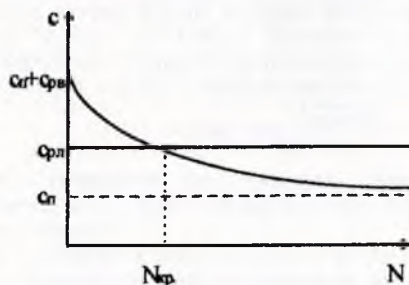


Рис. 2. Сравнение себестоимости глубокого (1) и жесткого (2) вариантов технологий.

При изготовлении серии комплектов колодок, в случае крупносерийного обувного производства также будут справедливы показатели оценки себестоимости по типу формул (3,4). В то же время, отмеченная выше тенденция сокращения серийности производства обуви вызывает еще большее сокращение серийности комплектов колодок вплоть до единичного. Тогда само производство при отсутствии серии подчиняется формулам (1,2), то есть, по сути, является последним шагом итерации конструирования.

В еще большей мере этот вывод относится к этапам производства, связанным с изготовлением литейных прессформ, штампов и т.п. Но, если для массового производства обуви цена спецодежды существенного значения не имела, в силу все той же особенности формулы (4), то на эффективность малосерийного она оказывает существенное влияние.

Таким образом, анализ информационной модели обувного производства показывает, что основные этапы производства обуви содержат сложный трудоемкий элемент рекурсивного конструирования, который может быть обеспечен лишь за счет гибких эффективных технологий формообразования.

Вместе с тем, и конечные производственные процессы, если они связаны с малыми сериями, по структуре технико-экономической информации приближаются к элементам конструирования, предъявляя повышенные требования к гибкости технологии.

Геометрическая информация, составляя базу производства обуви, в то же время, не зависит от выбранной технологии, что при стандартизации форматов, способствует повышению эффективности через специализацию производств.

#### Литература:

1. Горюшкин В.И. Основы гибкого автоматизированного производства деталей машин и приборов. - Мн.: Наука и техника, 1984.
2. Горюшкин В.И., Свирский Д.В., Дубовец В.С. Оценка эффективности технологических методов в условиях ГАП изделий из композиционных материалов. // Совершенствование технологических процессов и организация производства машиностроения. - Мн.: Университетское, 1993. - с. 65-69.