

УДК 004.9:621.9

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА**

**Л. М. АКУЛОВИЧ, Д. Б. ЕРМАШКЕВИЧ, В. Г. БУЙНИЧ**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Беларусь*

*Рассмотрен метод структурного синтеза технологических процессов изготовления деталей из металлопроката, совмещающий модули автоматизации раскроя металлопроката и механической обработки*

Адаптация промышленности к условиям нового экономического уклада привело к тому, что в Республике Беларусь около 70% продукции машиностроения выпускается на предприятиях с мелкосерийным характером производства. К тому же в настоящее время происходит частая сменяемость номенклатуры выпускаемых изделий. Освоение производства новых изделий требует технической подготовки производства, сроки на которую, как правило, всегда ограничены. В таких условиях экономически выгодно в качестве заготовок использовать сортовой металлопрокат, а осуществить подготовку производства невозможно без использования систем автоматизированного проектирования (САПР).

Известно [1], что при изготовлении деталей из листового металлопроката наиболее трудоемкими являются операции раскроя и последующей механической обработки заготовок. За последние годы для раскроя листового металлопроката широко внедряются технологии плазменной, лазерной и гидроабразивной резки. Технологические комплексы для резки имеют точность позиционирования  $\pm 0,01$  мм и могут обеспечивать точность обработки –  $\pm 0,1$  мм. Следовательно, оборудование для раскроя по технологическим возможностям позволяет во многих случаях обеспечивать требования чертежа по точности контуров и шероховатости поверхностей окончательно без последующей механической обработки. Однако существующие САПР осуществляют проектирование технологических процессов изготовления деталей машин по отдельным технологическим переделам без учета возможностей предшествующей обработки. В настоящее время отсутствует научное обоснование возможностей совместного применения в единых технологических процессах операций резки и механической обработки. Это приводит к завышенным припускам на механическую

обработку, повышенным трудозатратам и перерасходу металла и инструмента.

Решение проблемы кроется в проектировании сквозных технологических процессов с учетом возможностей современного оборудования на смежных технологических переделах. Концепция сквозного проектирования базируется на интеграцию объектно-ориентированных модулей и совмещение операций по различным технологическим переделам. С этой целью были экспериментально определены параметры геометрической точности и шероховатости  $Ra$  поверхностей заготовок, изготавливаемых резкой из листового металлопроката, на основании которых установлены граничные условия назначения операций раскроя:

- плазменной резки – 14-й квалитет точности (для любой толщины листа),  $Ra \geq 16,0$  мкм (для листов толщиной менее 12 мм);
- лазерной резки – 12-й квалитет точности,  $Ra \geq 10,0$  мкм;
- гидроабразивной резки – 12-й квалитет точности,  $Ra \geq 4,0$  мкм.

На основе результатов исследований разработаны рациональные схемы обработки и библиотека конструктивно-технологических элементов (КТЭ), содержащая массивы параметризованных функциональных модулей с операциями механической обработки, термической и гидроабразивной резки. Библиотека КТЭ содержит 45 видов различных поверхностей со схемами их обработки, включая операции лазерной, плазменной и гидроабразивной резки, а также условиями выбора рациональных схем обработки в зависимости от требуемой точности и шероховатости. Структура библиотеки КТЭ включает виды поверхностей, отверстия, пазы, окна, канавки и т.п. Фрагмент библиотеки приведен на рисунке 1.

Эскиз КТЭ	Условия выбора схемы обработки поверхностей КТЭ	Схемы обработки поверхностей КТЭ
<p>КТЭ - окно в сплошном материале на плоской поверхности</p>	<p>Шероховатость <math>Ra \geq 3,2</math> мкм Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 4,0</math> мкм <math>8 \text{ мм} \leq L5 \leq 100 \text{ мм}</math> Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гидроабразивная резка</li> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 10,0</math> мкм <math>L5 \leq 25 \text{ мм}</math> Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 16,0</math> мкм <math>25 \text{ мм} &lt; L5 \leq 55 \text{ мм}</math> Квалитет точности: не точнее 14-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> <li>- плазменная резка</li> </ul>

Рис. 1. Варианты обработки КТЭ «окно»

Разработанная библиотека КТЭ входит в базу данных САПР сквозных технологических процессов изготовления деталей машин из листового металлопроката методом структурного синтеза [2]. Основой автоматического режима функционирования САПР при структурном синтезе является использование КТП. По своей сути КТП является избыточным типовым технологическим процессом относительно любой детали, входящей в группу с общими конструктивными и технологическими признаками. КТП представляет собой формализованный технологический алгоритм, содержащий операции, модели оборудования и переходы на определенную группу деталей с условиями их назначения [2]. КТП включает структуры, представленные в виде массивов (рис. 2): УМ – управляющий массив; КО – комплексная операция; СО – содержание операции.

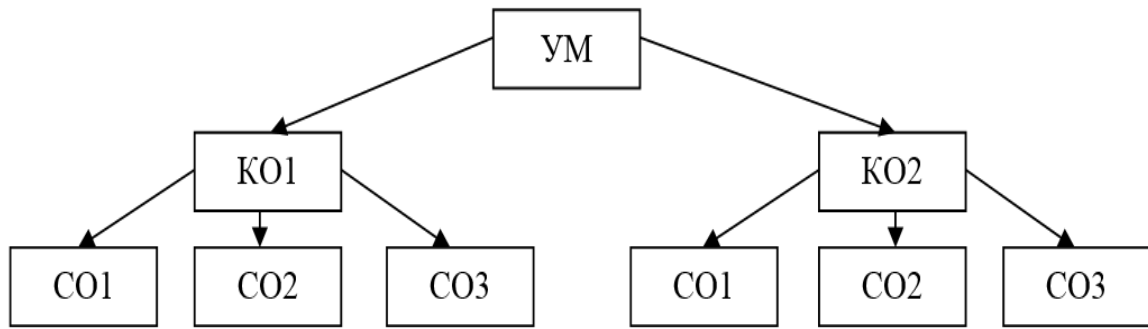


Рис. 2. Типовая структура КТП

Для каждого КТП создается свой управляющий массив. Из структуры управляющего массива происходит определение состава технологического процесса в виде упорядоченного перечня комплексных операций. В УМ перечислены все возможные комплексные операции, которые могут встречаться при обработке деталей определенной группы с логическими условиями их назначения. В результате анализа логических условий выбираются комплексные операции, из которых формируется состав технологического процесса для каждой конкретной детали. Массивы КО могут входить как в один, так и в несколько УМ, что дает возможность не дублировать, а использовать один и тот же массив КО в разных УМ. Содержание операции (СО) представляет собой массив, имя которого получено из записи в массиве комплексной операции. В содержании операции задается перечень переходов, которые входят в данную операцию с условиями их назначения. Это могут быть технологические, вспомогательные, контрольные и ненормируемые переходы.

Совмещение модулей раскроя листового металлопроката и механической обработки при автоматизации проектирования сквозных технологических процессов апробировано в производственных условиях ОАО «Минский Агросервис». В результате апробации установлена возможность уменьшения расхода листового металлопроката до 10 % за счет уменьшения припусков на механическую обработку и сокращения сроков подготовки производства на 20–25 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович, Л.М. Автоматизация раскроя заготовок деталей из профильного металлопроката / Л.М. Акулович, Д.Б. Ермашкевич // Весці НАНБ. Сер. фіз.-техн. навук. – 2017. – № 1. – С. 76–84.
2. Функциональная структура системы автоматизированного проектирования технологических процессов для машиностроительных предприятий / А.Г. Гривачевский [и др.] // Проблемы создания информационных технологий : сб. науч. трудов / под ред. Г.Г. Маньшина. – М : ООО «Техполиграфцентр», 2014. – Вып. 25. – С. 39–44.