

УДК 62-229.3:621.91

д.т.н. Спичак Ю. Н.,  
Пипкин Ю. В.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

## ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ С ПОЗИЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

*В статье приведён анализ методов, применяющихся в машиностроении для проектирования станочных приспособлений. Методы проектирования рассмотрены в виде последовательности этапов с учётом повышения эффективности конструкций приспособлений и процесса проектирования. В качестве критерия эффективности предложен показатель относительной точности механической обработки, на основе которого рассмотрена принципиальная схема оперативной диагностики с применением имитационной модели.*

**Ключевые слова:** станочные приспособления, проектирование, эффективность, точность механической обработки, диагностика, имитационная модель, погрешность зажима.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Роль станочных приспособлений (СП) в современном машиностроительном производстве по-прежнему остаётся существенной. Это подтверждается существованием развитой международной инфраструктуры по изготовлению конструкций различных станочных приспособлений, которая отражена в ресурсах сети Интернет. Фирмы BISON, J-LOC™, kKURT, XL Machinery Sales Inc., Carr Lane Manufacturing Co., Vektek производят широкий ассортимент высокоточных быстродействующих механизированных станочных приспособлений, в большей части переналаживаемых. При этом только компания RÖHM (Германия), ежегодный оборот которой составляет около 175 млн евро, изготавливает более 16 тыс. разновидностей зажимных приспособлений [1]. Для отечественного машиностроения, имеющего свои традиции в организации технологической подготовки производства, в работах Корсакова В. С., Вардашкина Б. Н., Антонюка В. Е., Коваленко А. В., Полякова Д. И. и других отмечалось, что трудовые затраты на проектирование и изготовление оснастки и инструмента могут составлять до 70–80 % трудовых затрат на постановку новых изделий в производство, себестоимость тех-

нологической оснастки составляет в себестоимости машиностроительной продукции до 10–15 %, затраты на изготовление и приобретение оснастки — до 15–20 % от стоимости оборудования, до 90 % организационно-технологических мероприятий, направленных на обеспечение роста производительности труда станочников, связано с изменением конструкции или изготовлением новых видов инструмента и приспособлений.

В условиях, когда существенным фактором стратегического развития государства становится технологическая независимость машиностроения и конкурентоспособность станкостроения [2], задача оснащения технологических процессов станочными приспособлениями передового технического уровня требует развития и совершенствования существующей методики проектирования.

**Постановка задачи.** В справочнике под редакцией Вардашкина Б. Н. эффективность применения СП характеризуется положительной разностью между экономией, полученной от эксплуатации приспособления, и затратами на его создание (включая проектирование, изготовление, сборку, наладку или приобретение, обслуживание). Для обеспечения *целей* дальнейшего развития СП актуальным является рассмотрение совокупности известных мето-

дов проектирования их конструкций в контексте обеспечения эффективности. Анализ и выработка критериев оценки методов обеспечения эффективности конструкций станочных приспособлений и являются *задачами* данного исследования.

**Этапы развития методов повышения эффективности СП.** В целом все методы повышения эффективности СП можно разбить на две группы: *методы получения экономии ресурсов в процессе эксплуатации и методы сокращения затрат на создание конструкции.*

Однако, рассматривая различные методы технологической подготовки производства, связанные с СП, необходимо учитывать, что в условиях текущей производственной обстановки задачи повышения эффективности находятся во взаимосвязи между собой. Так, например, увеличивая точность обработки деталей на черновых операциях путём повышения точности изготовления приспособления и уменьшения погрешности установки можно обеспечить сокращение длительности технологического цикла, ликвидировав промежуточные операции технологического процесса. Но при этом возрастут затраты на проектирование, изготовление и наладку СП. Для уменьшения погрешности установки заготовки также возможны несколько вариантов решения: либо снижение сил резания, что может привести к потере производительности обработки, либо усложнение схемы зажима заготовки, что кроме потери производительности может повлечь за собой дополнительные затраты на проектирование, возможно потребуются исследование конструкции, следовательно, стоимость СП в целом повысится. Уменьшение металлоёмкости СП может привести к снижению его жёсткости, т. е. экономия на материале приведёт к потере точности и производительности обработки. По существу, решение одной задачи технологического совершенства конструкции СП приводит через некоторое время (обусловленное протяжённостью горизонтальных и вертикальных связей управления в структуре пред-

приятия) к возникновению новых задач или задач повышения уровня качества уже принятых решений.

Анализ работ по СП в ретроспективе с начала 30-х годов прошлого века до сегодняшнего времени показал, что основные задачи повышения эффективности СП, решаемые при проектировании, и методы их решения можно представить последовательностью, включающей в себя несколько этапов (рис. 1).

Сравнивая работы начала XX века с работами начала XXI века можно видеть, что основными задачами, которые решаются применением СП, остаются *технологические задачи повышения точности и увеличения производительности механической обработки.*

*На первом этапе* формирования уровня технологической оснащённости предприятий решение основных задач приводит к формированию множества вариантов конструкций (в виде компоновок, чертежей), в котором каждый отдельный элемент обеспечивает эффективность за счёт повышения производительности механической обработки, причём не столько за счёт интенсификации режимов обработки, сколько за счёт изменения структуры технологической операции и технологического процесса в целом (устранение операций разметки и выверки заготовки, упрощение установки и т. п.). Резервы повышения производительности механической обработки на этом этапе существенны, особенно при снижении вспомогательного времени. В работах Митрофанова С. П. по организации групповой обработки отмечалось, что в мелкосерийном и крупносерийном производстве машинное время составляет 30–50 % и 47–65 % соответственно, а вспомогательное — 25–29 % и 19–17 %. Для различных групп станков основное и вспомогательное время может составлять в операционном времени от 18 % до 45 %. При этом доля вспомогательного времени на установку, закрепление и снятие детали может составлять от 9 % до 45 % общего вспомогательного времени.

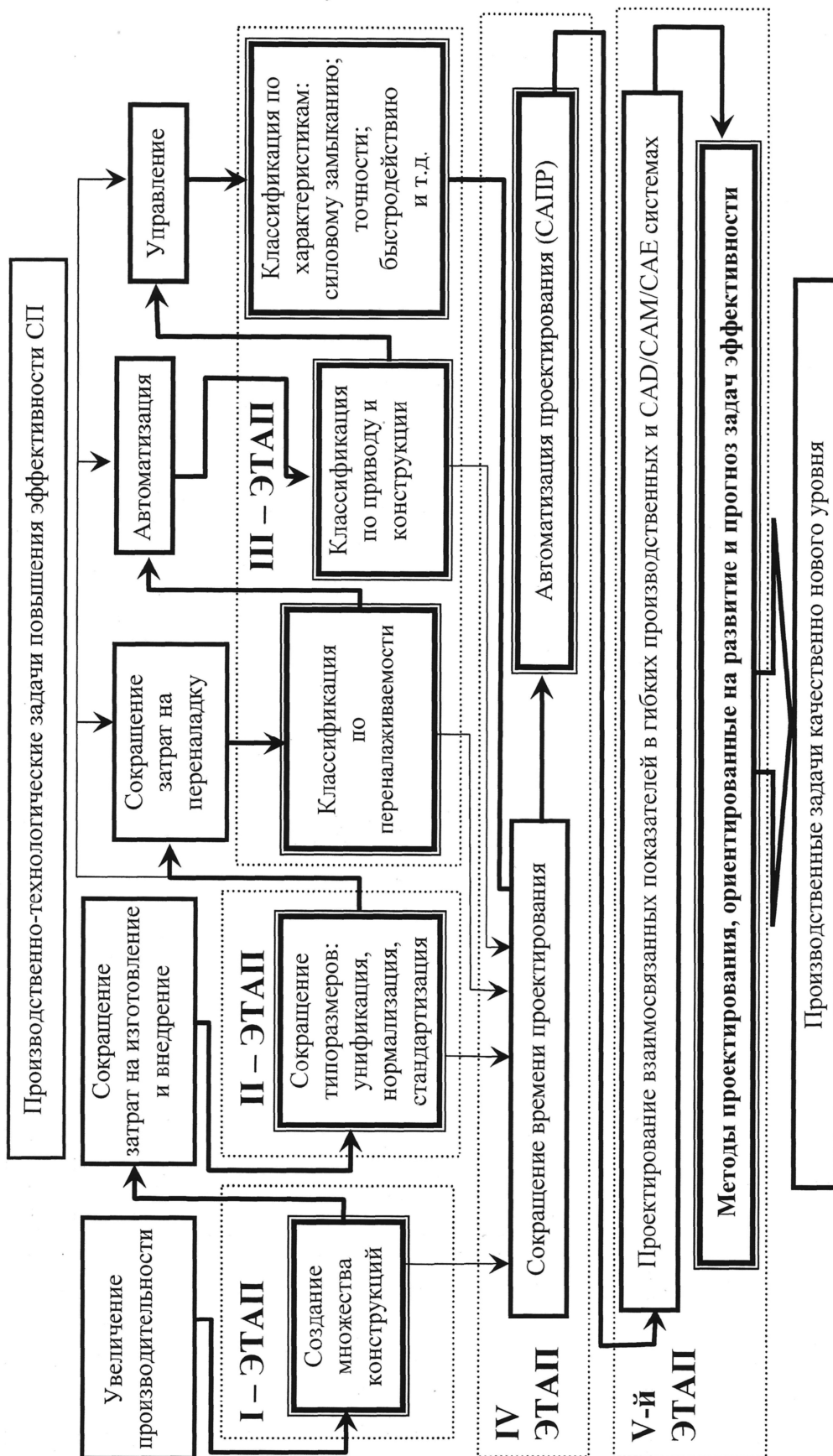


Рисунок 1 Основные этапы эволюции производственно-технологических задач повышения эффективности применения станочных приспособлений и методов их решения

Формирование множества конструктивных решений, выполненных в металле, в виде сборочных и рабочих чертежей, компоновочных схем приводит к постановке задачи *второго этапа* — сокращения затрат на создание конструкций путём уменьшения типоразмеров и оригинальности исполнения. Эффективность на этом этапе достигается хорошо проверенными и зарекомендовавшими себя средствами — применением принципов нормализации, унификации и стандартизации конструкций, рядов предпочтительных чисел для создаваемых типоразмеров. В результате этого этапа при создании системы стандартов технологической оснастки определяется чёткая иерархия элементов конструкции СП, отражённая в соответствующих нормативных документах, например в нормалях машиностроения МН 74-59-81-59 «Инструмент и приспособления для машиностроения».

На *третьем этапе* обе основные задачи повышения эффективности решаются одновременно, хотя в первую очередь стремятся к экономии в период эксплуатации. Это достигается организацией оборачиваемости конструкций путём применения принципа переналаживаемости СП. В результате выделены комплексы стандартов на системы конструкций, различающихся уровнем переналаживаемости. Этому этапу соответствует методика выбора системы приспособлений в соответствии со стандартом ГОСТ 14.305-73 «Правила выбора технологической оснастки». При высокой степени переналаживаемости СП эффективность также достигается от сокращения времени на проектирование и наладку.

Наряду с классификацией конструкций СП по переналаживаемости в рамках третьего этапа можно использовать также и другие виды классификации. При этом следует отметить, что классификация СП характерна не только отечественному машиностроению, она также проводилась и за рубежом представителями разных государств. Однако не все способы классификации напрямую направлены на повышение

эффективности, а в большей мере на систематизацию и упорядочение информации о СП. Так, разделение СП по типу станков на токарные, фрезерные, сверлильные, точные фактически уменьшает для всего множества конструкций СП оборачиваемость и переналаживаемость, хотя в пределах группы формируются собственные направления повышения эффективности, которые могут применяться только в пределах данной группы приспособлений.

Таким образом, результатом третьего этапа — этапа классификаций — стало образование систем конструкций СП, объединяемых в классы по различным признакам. В пределах отдельного класса конструкций выполнена работа в соответствии с первым и вторым этапами, т. е. накопление вариантов, модификаций и их унификация и стандартизация.

Для дальнейшего сокращения затрат на проектирование конструкций стало необходимым применение средств автоматизации подготовки и обработки информации, наиболее прогрессивным из которых являются сегодня компьютеры.

Таким образом, задачей *четвёртого этапа* является организация автоматизированного проектирования СП, решение которой может обеспечить снижение трудоёмкости проектирования в 10–12 раз и себестоимости проектирования в 8–10 раз. В этом направлении проделана значительная работа. В теоретическом плане на основе общей теории систем автоматизированного проектирования, разработанной Минской научной школой под руководством Семенова О. И., Раковичем А. Г. предложен теоретический аппарат САПР СП, а Пуховым А. С. — информационно-поисковых систем. В практическом направлении под руководством Раковича А. Г. разработаны комплексы проектирования конструкций в основном сверлильной группы, например «Кондуктор-1 (2, 3)», а также токарных приспособлений.

*Четвёртый этап* соответствует современному состоянию методов обеспечения

эффективности конструкций СП. Однако на этом этапе решение задачи формализации представления информации о конструкциях, расчётах и способах повышения эффективности осуществляется прямым переводом информации в электронную форму (цифровой код). Такой подход приводит к созданию базы данных значительного объёма. И, что более важно, подход, основывающийся на данных о прошлом конструкций, не может способствовать решению новых производственно-технологических задач в соответствии с прогнозом развития машиностроения в целом: это и полная автоматизация производства (потребуется создания систем управления СП), и создание систем адаптивного управления точностью (соответственно и для СП), и возникновение новых конструкционных и инструментальных материалов (оценка применимости через моделирование работы СП), и разработка высокопроизводительных и высокоэффективных процессов механической обработки, и повышение общей наукоёмкости производства машин со структурой интегрированных CAD/CAM/CAE систем.

Для решения задачи четвёртого этапа важным на сегодня становится развитие методов комплексного анализа конструкций СП, допускающих возможность учёта разнообразных факторов, определяемых текущей научно-технической и производственно-технологической обстановкой.

Характерно, что сложность внедрения и развития систем САПР для станочных приспособлений в работах Раковича А. Г., Микитянского В. В., Ильицкого В. Б. связывается именно с отсутствием теоретических разработок. Можно сказать, что возникло противоречие между методикой организации САПР, требующей существенной формализации, и методикой проектирования СП, основывающейся на производственной практике конструктора. С одной стороны, существует большое множество работающих частных решений и методов. С другой стороны, при создании

САПР СП конструкция рассматривается как техническая система, т. е. как существенно теоретическая категория теории технических систем.

Таким образом, *завершение четвертого этапа* развития методов повышения эффективности конструкций СП сопровождается *переходом с новому этапу*, когда требуются теоретические исследования по формированию принципов объединения элементов конструкции СП, частных решений задач проектирования в единое целое в соответствии с системными принципами теории технических систем.

В завершении следует отметить, что приведённая последовательность поэтапного развития задач повышения эффективности СП и соответствующих методов решения может рассматриваться в целом как методика организации эффективного проектирования и эксплуатации СП.

**Относительная точность механической обработки как показатель эффективности работы СП.** Проведённый выше анализ выявил существенную особенность в оценке точности механической обработки как показателя эффективности СП. Эта особенность состоит в том, что все этапы и соответствующие им методы решают в основном задачи снижения трудоёмкости либо операции механической обработки, либо технологического процесса в целом, либо технологической подготовки производства. Точность механической обработки не рассматривается. И это понятно, так как повышение точности обработки, соответственно, через снижение погрешности, связанной с приспособлением, скорее всего, приведёт к удорожанию конструкции. Решение задачи повышения точности возможно только через увеличение затрат на создание конструкции, т. к. потребуются более тщательный расчёт (увеличивающий длительность проектирования), применение лучшего материала (более дорогого), большая точность изготовления (для уменьшения погрешности приспособления и погрешности базирования), более тща-

тельная сборка и наладка, проведение измерений соответствующих характеристик элементов конструкции (твёрдости, жёсткости, точности сопряжений). Таким образом, требование повышения точности механической обработки является тем фактором, который инициирует последующее поэтапное применение указанных выше методов повышения эффективности конструкции посредством экономии. Определим, в какой мере точность механической обработки может выступать в роли показателя эффективности СП.

Известно, что станочное приспособление является элементом, подсистемой всей технологической системы механической обработки. Точность механической обработки определяется не только приспособлением. Непосредственно с работой приспособления связаны такие составляющие суммарной погрешности механической обработки, как погрешность базирования, погрешность закрепления, погрешность, связанная с износом установочных элементов СП, погрешность положения заготовки, определяемая точностью изготовления и установки приспособления. Очевидно, что точность механической обработки в целом не может охарактеризовать эффективность работы станочного приспособления. Однако отношение погрешностей механической обработки, связанных с СП, к общей погрешности механической обработки может позволить оценить стабильность работы СП. Если обозначить погрешность, связанную с работой приспособления  $\omega_{СП}$ , а суммарную погрешность механической обработки  $\omega_{МЕХ}$ , то указанное отношение определится по формуле

$$ha = \frac{\omega_{СП}}{\omega_{МЕХ}}. \quad (1)$$

При этом возможно и формирование допустимой величины этого отношения через заданную точность механической обработки и средневзвешенную погрешность, связанную с СП:

$$[ha] = \frac{\varepsilon_{ПР}}{T_{ДЕТ}},$$

где  $[ha]$  — допустимое отношение;

$T_{ДЕТ}$  — допуск на изготовление детали в заданный размер;

$\varepsilon_{ПР}$  — допустимая величина погрешности, связанная с приспособлением.

Так как  $\varepsilon_{ПР}$ , как правило, определяется отношением  $\varepsilon_{ПР} = \psi \cdot T_{ДЕТ}$ , где  $\psi$  — коэффициент ужесточения, то можно сказать, что  $[ha] = \psi$ .

Если  $[ha]$  — это среднестатистическая величина, то  $ha$  по своему содержанию является мгновенной оценкой погрешности изготовления конкретной детали, так как величина погрешности механической обработки  $\omega_{МЕХ}$  может быть определена после обработки. По величине отношение  $ha$  меньше единицы и не должно превышать допустимое отношение  $[ha]$ , так как при этом появляется риск превышения допуска общей погрешностью механической обработки. По характеру отношение  $ha$  должно быть стабильным, изменяясь в пределах некоторого интервала, так как увеличение или уменьшение  $\omega_{СП}$  ведёт к соответствующему увеличению или уменьшению  $\omega_{МЕХ}$ , т. е. можно записать

$$ha = \frac{\omega_{ПР}}{\omega_{МЕХ}}, \quad ha_i = \frac{\omega_{ПРi}}{\omega_{МЕХi}},$$

если

$$\omega_{ПРi} = \omega_{ПР} \pm \Delta_{\omega i},$$

то

$$\omega_{МЕХi} = \omega_{МЕХ} \pm \Delta_{\omega i},$$

тогда

$$ha_i = \frac{\omega_{ПРi}}{\omega_{МЕХi}} = \frac{\omega_{ПР} \pm \Delta_{\omega i}}{\omega_{МЕХ} \pm \Delta_{\omega i}},$$

где  $\Delta_{\omega i}$  — колебание погрешности обработки в приспособлении в  $i$ -й момент времени или в  $i$ -й точке.

Если процесс обработки в СП стабильный, то отклонения погрешности, связанной с приспособлением, от некоторого среднего значения должны быть невелики; соответственно, и отклонения погрешности механической обработки также будут изменяться на величину изменения погрешности, связанной с приспособлением. Это можно записать следующим образом:

$$ha(\Delta_{\omega}) = \lim_{\Delta_{\omega} \rightarrow 0} \frac{\omega_{ПП} \pm \Delta_{\omega}}{\omega_{МЕХ} \pm \Delta_{\omega}} = \frac{\omega_{ПП}}{\omega_{МЕХ}} = ha.$$

Однако, в отличие от суммарной погрешности механической обработки, которая является измеряемой величиной, погрешность, связанная с приспособлением, измеряется значительно труднее. Более того, в производственных условиях измерение погрешности  $\omega_{СП}$  очень затруднительно, т. к. универсальные средства измерения для этого не подходят, а применение специальных средств в виде специальных приборов или оснастки на основе универсальных приборов в целом приведёт к усложнению условий выполнения технологической операции и к необоснованному её удорожанию. Кроме этого, изменение погрешности, связанной с приспособлением, необходимо измерять в процессе выполнения технологической операции, во время механической обработки, что практически трудноосуществимо.

Средняя величина погрешности  $\omega_{СП}$ , связанной с приспособлением, может быть определена при его сборке и наладке на специальном стенде в статическом или квазистатическом режимах.

Для определения текущей величины  $\omega_{СПi}$ , с учётом случайного характера факторов, её определяющих, и дрейфа характеристик СП наиболее подходящим представляется применение имитационного моделирования на основе адекватной

математической модели. В работе [3] была представлена математическая модель базовой расчётной схемы силового замыкания в СП [4], которая ориентирована на организацию процесса имитации. При подтверждённой для конкретной конструкции СП адекватности имитационной модели возможна организация оперативной диагностики работы СП через прогнозирование величины погрешности, связанной с приспособлением, как части общей погрешности механической обработки.

Таким образом, предлагается следующая схема оперативной диагностики работы станочного приспособления на основе параметра относительной точности механической обработки в СП (рис. 2).

На входе процесса механической обработки определены технологические параметры, являющиеся исходными данными для организации технологической операции, — режимы обработки, геометрия обрабатываемой заготовки.

В качестве возмущающих факторов приняты производственные факторы, в частности, колебания условий протекания технологической операции — качество подготовки заготовки, дрейф параметров оборудования, инструментов, приспособления и пр.

На выходе процесса механической обработки принимается погрешность обработки, полученная измерением.

Параллельно с выполнением операции механической обработки входные параметры и возмущающие факторы подаются для выполнения имитационного моделирования работы СП, в процессе которого определяется погрешность, связанная с приспособлением.

Любое изменение производственной обстановки, в том числе введение мероприятий по повышению эффективности СП, будет отражаться на изменении входных параметров и возмущающих факторов, следовательно, и на точности обработки. Можно предположить, что при правильном применении методов повышения эффективности характер относительной точности механи-





Таблица 1

Сравнительная оценка влияния основных факторов на погрешность, связанную с работой СП

Этапы: методы обеспечения эффективности	Составляющие погрешности $\omega_{СП}$					Факторы, существенно влияющие на составляющие погрешности обработки
	$\varepsilon_{\delta}$	$\varepsilon_{з.о.}$	$\varepsilon_{и}$	$\varepsilon_{СП}$	$\varepsilon_{у.с.}$	
1 Этап: создание множества решений	+	+	+	+	+	Быстрое формирование исходного массива конструкций
2 Этап: унификация, стандартизация	+			+		Экономическая точность изготовления
3 Этап: классификация:						
по степени переналаживаемости	+	+	+	+	+	Сборка-разборка конструкции
по типу привода		+				Непостоянство усилия зажима
по типу станка					+	Точность посадочных мест станка и возможности его подналадки
по типу заготовки	+	+				Точность технологических баз, жёсткость заготовки
по характеристикам СП:						
тип зажимного механизма		+				Непостоянство усилия зажима
тип установочных элементов	+	+	+			Установка разнотипных деталей

В таблице 1 знаком «+» обозначены те методы соответствующих этапов (рис. 1), которые оказывают чётко выраженное влияние на составляющие погрешности обработки, связанной с СП. Четвёртый этап проектирования в САПР СП не связан напрямую с конструкцией, поэтому можно считать, что на точность механической обработки он не оказывает непосредственного влияния.

Для пятого этапа, связанного с прогнозированием, на сегодняшний момент ввиду отсутствия разработок сложно оценить характер влияния на погрешность механической обработки, поэтому он также опущен из рассмотрения.

Каждая из составляющих погрешности, связанной с приспособлением, характеризуется своими условиями образования.

Погрешность базирования образуется до выполнения механической обработки, до зажима заготовки и определяется степенью точности сопряжения базовых поверхностей с установочными элементами, а также выбором базовых поверхностей с

соблюдением принципов единства и постоянства баз. Фактически погрешность базирования не связана непосредственно с работой СП.

Погрешность от износа установочных элементов определяется в основном контактными взаимодействиями при установке и снятии заготовки между поверхностями заготовки и поверхностями установочных элементов, т. е. в момент переустановки заготовки. Интенсивность этого взаимодействия в большей степени определяется материалами и твёрдостью контактирующих поверхностей. То есть эта составляющая суммарной погрешности, связанной с приспособлением, также не формируется в момент работы приспособления. Хотя следует указать, что величина контактных напряжений определяется как усилием зажима заготовки, так и силами резания.

Погрешность изготовления СП, очевидно, также не формируется в процессе его работы. Эта погрешность определяется технологическими возможностями инструментальных участков (цехов) предприятия.

Погрешность установки приспособления на станок также не связана непосредственно с процессом механической обработки. Зависит величина погрешности от точности сопряжения базовых установочных поверхностей СП с соответствующими посадочными поверхностями станка.

Погрешность зажима заготовки определяется величиной и местом приложения усилий зажима заготовки, которые не изменяются в процессе обработки, и величиной и местом приложения сил резания, изменяющихся в процессе обработки. Формирование погрешности зажима происходит непосредственно в момент обработки. Следует отметить, что при зажиме заготовки может происходить неорганизованная или организованная смена баз (ГОСТ 21495–76), т. е. косвенно погрешность зажима заготовки может оказать влияние и на погрешность базирования.

Таким образом, из всех погрешностей обработки, связанных с СП, только погрешность зажима непосредственно характеризует работу СП. При этом остальные составляющие суммарной погрешности формируются до начала обработки и могут быть учтены подналадкой СП. Погрешность зажима полностью соответствует условиям проведения предложенной выше схемы (рис. 2) диагностики работы СП по критерию относительной точности механической обработки. При формировании имитационной модели работы СП получение модели погрешности зажима является первоочередной задачей, остальные составляющие могут рассматриваться как производственные факторы, определяемые по соответствующим моделям или экспериментально.

По таблице 1 можно видеть, что применение разных методов повышения эффективности СП оказывает влияние на различные составляющие погрешности обработки, связанной с СП. Погрешность зажима заготовки будет изменяться тогда, когда применение того или иного метода

приведёт к изменению параметров элементов системы СП, обеспечивающих зажим.

**Выводы.** В результате выполненного в данной работе анализа методов повышения эффективности станочных приспособлений получены выводы, имеющие в первую очередь методическую ценность для дальнейшего совершенствования процесса проектирования и заключающиеся в следующем:

1. На современном этапе развития производственных задач повышения эффективности процесса механической обработки заготовок в станочных приспособлениях наиболее прогрессивным методом проектирования является применение САПР СП.

2. Традиционная методика проектирования СП, основанная на опыте и практических навыках конструктора, входит в противоречие с методикой разработки САПР станочных приспособлений как технических систем, что требует теоретического анализа всего множества конструкций СП как класса технических систем.

Предложенный и обоснованный критерий относительной точности рекомендуется для практического применения при оценке эффективности конструкций станочных приспособлений и процесса проектирования.

Сформированная схема диагностики процесса механической обработки в станочном приспособлении на основе критерия относительной точности направлена не только на повышение эффективности конструкций и процесса проектирования, но также может использоваться для входных испытаний и прогнозирования показателей.

В целом изложенный подход к оценке эффективности принимаемых решений при проектировании станочных приспособлений подчёркивает необходимость формирования теоретического описания конструкций СП как технических систем для проведения имитационного моделирования, т. е. получения имитационных моделей. При этом основным объектом моделирования рекомендовано принять погрешность зажима заготовки.

**Библиографический список:**

1. Шабанов, Д. Технологическое оборудование и инструмент современного производства [Текст] / Д. Шабанов // CADmaster. — 2004. — № 2 (22). — С. 84–88. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.cadmaster.ru/assets/files/articles/cm\\_22\\_pride-twl.pdf](http://www.cadmaster.ru/assets/files/articles/cm_22_pride-twl.pdf).
2. Григорьев, С. Перспективы развития отечественного станкостроения в интересах обеспечения технологической независимости Российского машиностроения [Текст] / С. Григорьев // Станкоинструмент. — 2017. — № 1 (006). — С. 18–23. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.stankoinstrument.su/files/article\\_pdf/5/article\\_5901\\_839.pdf](http://www.stankoinstrument.su/files/article_pdf/5/article_5901_839.pdf).
3. Пипкин, Ю. В. Управление точностью операций механической обработки методом имитационного моделирования станочных приспособлений [Текст] / Ю. В. Пипкин, А. Н. Зелинский, Н. В. Коцюбинская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2008. — № 3/5 (33). — С. 22–29.
4. Пипкин, Ю. В. Базовая расчётная схема силового замыкания в станочных приспособлениях [Текст] / Ю. В. Пипкин, А. Н. Зелинский, Н. В. Коцюбинская // Прогресивні технології і системи машинобудування : міжнародний зб. наукових праць. — Донецьк : ДонНТУ, 2006. — Вип. 31. — С. 227–237.

© Спичак Ю. Н.

© Пипкин Ю. В.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. ГЭМиО ДонГТУ Корнеевым С.В., д.т.н., проф., зав. каф. ГД АФГДиТ ЛНУ им. В. Даля Рябичевым В. Д.*

*Статья поступила в редакцию 20.03.19.*

*д.т.н. Спичак Ю. М., Пипкін Ю. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)*

### **ОЦІНКА МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ З ПОЗИЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ**

*У статті наведено аналіз методів, що застосовують у машинобудуванні для проектування верстатних пристроїв. Методи проектування розглянуто у вигляді послідовності етапів з урахуванням підвищення ефективності конструкцій пристроїв та процесу проектування. У якості критерію ефективності запропоновано показник відносної точності механічної обробки.*

**Ключові слова:** *верстатні пристрої, проектування, ефективність, точність механічної обробки, діагностика, імітаційна модель, похибка затискання.*

*Doctor of Tech. Sc. Spichak Yu. N., Pipkin Yu. V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)*

### **ASSESSING THE DESIGN METHODS OF THE WORKHOLDING TOOLS TO IMPROVE THE ACCURACY AND EFFICIENCY OF THE DESIGNS**

*The article presents analysis of the methods used in mechanical engineering for the design of the workholding tools. Design methods are considered in the form of a sequence of stages, taking into account the improvement of efficiency of the devices design and the design process. As a criterion of efficiency the indicator of relative machining accuracy is given.*

**Key words:** *workholding tools, designing, efficiency, machining accuracy, diagnostics, simulation model, inaccuracy of the clamp.*