Р. Д. Королев¹, П. Ю. Бочкарев², Л. Г. Бокова¹

**ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ
С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ НАЗНАЧЕНИЯ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

¹ ФГБОУ ВО «СГТУ им. Ю. А. Гагарина»

² ФГБОУ ВО «СГАУ им. Н. И. Вавилова»

E-mail: rihardkorolev@mail.ru, bpy@mail.ru, bokovalg@mail.ru

В статье представлен метод количественной оценки производственной технологичности изделий. Метод позволяет провести оценку соответствия конструктивных особенностей детали с позиции удовлетворения принципу единства и постоянства баз при проектировании технологических процессов. Применяемый метод позволяет повысить производительность технологического оборудования при обработке деталей за счет учета результатов оценки производственной технологичности.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, технологическое оборудование, принцип единства и постоянства баз, количественный показатель производственной технологичности.

R. D. Korolev¹, P. Yu. Bochkarev², L. G. Bokova¹

**EVALUATION OF THE PRODUCTION PROCESSABILITY OF PARTS WITH
THE PREDICTION OF THE PURPOSE OF THE BASE SURFACES**

¹ Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

² Saratov State Vavilov Agrarian University

The article presents a method for quantifying the production manufacturability of products. This method allows us to evaluate the compliance of the design features of the part from the point of view of implementing the principle of unity and constancy of bases in the design of technological processes. The applied method allows to increase the productivity of technological equipment in the processing of parts by taking into account the results of the assessment of production manufacturability.

Keywords: technological preparation of production, technological equipment, the principle of unity and constancy of bases, quantitative indicator of production manufacturability.

Создание методического обеспечения установления взаимосвязей между проектными процедурами и целевыми функциями конструкторской и технологической подготовки машиностроительных производственных комплексов становится наиболее актуальной в связи с возрастающей конкуренцией и задачей обеспечения рентабельной работы оборудования в процессе реализации технологических процессов с обязательным выполнением требований к изготавливаемым деталям, заданным на этапах конструирования.

На ведущем месте развития производственных систем стоит комплекс вопросов, связанных с оценкой производственной технологичности деталей. Оценка технологичности деталей, в соответствии с существующими методиками и нормативными документами подготовки производства, зависит от субъективных знаний и опыта конструктора и технолога, что зачастую не обеспечивает качественное принятие решений, базирующихся на знаниях о реальном состоянии и информации о постоянно развивающихся возможностях современных производственных систем. Для отражения связей между затратами при изготовлении изделий и их конструктивными особенностями используется оценка технологичности, которая довольно противоречива и не имеет в настоящее время полного строгого описания ее проведения [1], [2].

Пути устранения этих проблем являются: расширение номенклатуры показателей оценки производственной технологичности, направленных на учет особенностей конкретных производственных систем и подходов к технологической подготовке производства; определению весовых значений каждого из этих показателей в зависимости от номенклатуры обрабатываемых деталей и характеристик реального производства [3], [4], [5].

Целью является совершенствования методики оценки производственной технологичности на основе разработки дополнительных показателей, связанных с постоянно обновляемыми требованиями к производству, повышению качеству продукции, рациональному использованию оборудования.

В работах [6], [7] представлены показатели позволяющие ориентировать оценку технологичности на особенности многономенклатурных

систем механообработки и учитывающие условия конкретной производственной системы, установления взаимосвязей между производственной технологичностью и ее влиянием на технологические составляющие обработки, а также обоснован состав дополнительных показателей оценки производственной технологичности для использования в системе планирования многономенклатурных технологических процессов.

В технологии машиностроения существует основное правило при назначении технологических баз, это принцип единства и постоянства баз, существующие показатели оценки технологичности не дают возможности спрогнозировать на сколько конструкция детали соответствует этим принципам. Для устранения этого недостатка предлагается введение новых показателей количественной оценки производственной технологичности, которые позволяют дать заключение о возможности при разработке технологического процесса соблюдения принципа единства и постоянства баз.

Разработку новых показателей количественной оценки производственной технологичности рассмотрим на примере детали «Фланец» (рис. 1). Деталь «Фланец» входит в оборудование трубопроводных систем (рис. 2), относится к неклассическим видам фланцев и имеет ряд особых требований при изготовлении.

Для анализа конструктивных взаимосвязей детали первоначально определяется количество сечений, в которых строятся размерные схемы, позволяющие дать полную информацию о размерных и пространственных характеристиках расположения отдельных элементов детали.

Деталь «Фланец» предлагается исследовать посредством четырех секущих плоскостей и соответственно четырех размерных схем, представленных в виде одного линейного и трех диаметральных графов (рис. 3),

где $A_1, A_2, \dots, A_n$ – размерные характеристики; $T_1, T_2, \dots, T_n$ – точностные характеристики поверхностей детали,

– номер поверхности в соответствии нумерацией поверхностей на конструкторском чертеже (рис. 1), ниже номера – кодировка элементарной поверхности в системе планирования технологических процессов.

Рис. 1. Конструкторский эскиз детали «Фланец»

Рис. 2. Деталь «Фланец», входящая в изделие регулятора РДУ-80-50

Для оценки технологичности детали с позиции прогнозирования степени удовлетворения требования единства баз при проектировании технологического процесса ее изготовления, необходимо проанализировать сведения по конструкторским эксплуатационным базам детали при работе ее в узле (рис. 2).

Деталь «Фланец» входит в состав изделия регулятора давления газа РДУ-80-50, предназначенный для редуцирования газа высокого давления на газораспределительных станциях, и служит для соединения с одной стороны крышкой, а с другой стороны с ответным фланцем. Для данной детали конструкторскими базами явля-

ются: поверхности 14 и 15 (рис. 1). Для фиксации данной информации в построенные графы вводим дополнительное обозначение для поверхностей детали, являющихся конструкторскими базами, конструкторские базовые поверхности на графе дополнительно включены в квадрат. При выборе технологических баз в процессе разработки технологических процессов значительное внимание кроме размеров уделяется геометрическим характеристикам поверхностей (отклонения от геометрической формы и параметрам отклонения), с этой целью граф насыщается данной информацией, полученной с конструкторского чертежа детали (рис. 3).

Рис. 3. Графы, дополненные информацией о конструкторских базах и требованиях к геометрическим характеристикам поверхностей

Особо важно для выполнения требований единства и постоянства баз при разработке технологического процесса кроме размерных и геометрических характеристик учет требований, заложенных в конструкторской документации, регламентирующих взаимное расположение поверхностей относительно друг друга. Отдельно необходимо учесть позиционный допуск, который включает в себя отклонение от геометрической формы и взаимное расположение поверхностей. В связи с этим граф дополнен соответствующей информацией (рис. 4).

Представленный граф позволяет провести формализацию данных о конструктивных характеристиках детали, необходимых для проведения анализа по соответствию ей требований с позиции назначения рациональных технологических баз при последующей разработке технологического процесса ее изготовления. Данная информация представляется в виде таблицы, включающей для каждого размера и других конструкторских требований данные о связях между всеми элементами детали.

На основе представленной последовательности формирования информации предложена модель для определения новых количественных показателей производственной технологичности, которые отражают связь между конструктивными особенностями детали и возможностью разработки для нее технологического процесса в соответствии с принципами единства и постоянства баз.

Показатель производственной технологичности детали, отражающий возможность соблюдения принципа единства баз при разработке технологического процесса в части поверхности детали, являющейся основной конструкторской базой.

$$K_{EO} = \frac{\sum_{i=1}^M NO_i}{M},$$

где M – общее количество размеров (требований) на конструкторском чертеже детали, устанавливающих взаимосвязи между поверхностями; $NO_i \in \{0,1\}$ – указывает на наличие или отсутствие взаимосвязи элементарных поверхностей с основной конструкторской базой установленный i – размером или требованием.

$$K_{EOB} = \frac{\sum_{i=1}^M NOBi}{M},$$

Представленные количественные показатели оценки производственной технологичности расширяют и углубляют знания, получаемые на

Предлагаемая методика и полученные результаты по использованию предлагаемых количественных дополнительных показателей производственной технологичности позволяют спрогнозировать возможность назначения рациональных технологических баз при разработке технологического процесса изготовления деталей. Разработанные показатели совместно с известными показателями дают более полное представление о соответствии конструкции детали технологическим методам обработки и позволяют более точно спрогнозировать эффективность функционирования производственных систем при изготовлении деталей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильев, А. С.* Направленное формирование свойств изделий машиностроения / А. С. Васильев, А. М. Дальский, Ю. М. Золотаревский, А. И. Кондаков ; под ред. А. И. Кондакова. – М. : Машиностроение, 2005. – 352 с.

2. *Суслов, А. Г.* Технология машиностроения : учебник / А. Г. Суслов. – М. : Кнорус, 2013. – 336 с.

3. *Митин, С. Г.* Автоматизация оценки производственной технологичности изделия в условиях многономенклатурных производственных систем / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев, Л. Г. Бокова // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 9 (39). – С. 44–48.

4. *Бокова, Л. Г.* Разработка показателей для оценки производственной технологичности деталей в системе планирования технологических процессов механообработки / Л. Г. Бокова, П. Ю. Бочкарев // Вектор науки

Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 3–1 (33–1). – С. 29–35.

5. *Бокова, Л. Г.* Оценка производственной технологичности деталей в системе планирования многономенклатурных технологических процессов: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Л. Г. Бокова, П. Ю. Бочкарев, Р. Д. Королев. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2018.

6. *Бочкарев, П. Ю.* Оценка производственной технологичности деталей в условиях многономенклатурных механообрабатывающих систем / П. Ю. Бочкарев, Л. Г. Бокова // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – 2017. – № 1 (40). – С. 250–254.

7. *Бочкарев, П. Ю.* Оценка производственной технологичности : учеб. пособие / П. Ю. Бочкарев, Л. Г. Бокова. – СПб. : Изд-во «Лань», 2017. – 132 с.