

Оценка технологичности конструкции изделия на современном производстве и ее проблемы

© Н. В. Подрез^{1,2}, А. С. Говорков²

^{1,2} Иркутский авиационный завод – филиал

ПАО «Корпорация «Иркут»,

²Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Разработка нового машиностроительного изделия является сложной конструкторской задачей, связанной не только с достижением требуемого технического уровня изделия, но и с приданием его конструкции свойств, которые обеспечивают максимально возможное снижение затрат труда, материалов и энергии на разработку, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия. Для решения проблемы обеспечения технологичности была разработана и внедрена Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) изделий машиностроения, приборостроения и средств автоматизации. Упомянутая система основывается на опыте передовых предприятий и организаций страны в обеспечении технологичности конструкций (ТКИ). Главными факторами, влияющими на обеспечение технологичности, являются: вид изделия, его конструктивная сложность, новизна, объём выпуска, тип производства, характеристика исходных материалов, стадия разработки. В данной статье рассматриваются вопросы обеспечения технологичности изделий машиностроения на современном производстве [4].

Ключевые слова: промышленность, производство, анализ технологичности конструкции изделия, технологичность, электронная модель изделия

Evaluation of the manufacturability of the product design in modern production and its problem

© Nikodim V. Podrez¹, Aleksei C. Govorkov²

¹Irkutsk Aviation Plant – Branch of "Irkut Corporation",

²Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The development of a new engineering product is a complex design task associated not only with achieving the required technical level of the product, but also with giving its design properties that provide the maximum possible reduction in labor, materials and energy costs for the development, manufacture, maintenance and repair of the product. The problem of ensuring manufacturability is reflected in the development and implementation of the Unified System for Technological Preparation of Production (USTPP) for mechanical engineering, instrumentation and automation products and is based on the experience of ensuring the manufacturability of product designs by leading enterprises and organizations of the country in this regard. The main factors influencing the provision of manufacturability of the product design (TCI) are: type of product, output volume and type of production, its design complexity, novelty, characteristics of the starting materials, development stage. This article discusses the issues of ensuring the manufacturability of engineering products in modern production and their problems [4].

Keywords: industry, production, evaluation of technological effectiveness of the design, manufacturability, electronic model of the product

Без анализа технологичности конструкции изделия (ТКИ) невозможно подготовить производство и запустить изготовление детали. Определение ТКИ позволяет ответить на вопрос о возможности изготовить деталь (узел, агрегат, изделие) данной конструкции на конкретном производстве с имеющимися мощностями и оборудованием. При подготовке производства технологичность обеспечива-

ется согласованным выполнением работ по двум направлениям [2, 4, 6, 7]:

– формирование свойств конструкции, позволяющих использовать при ее изготовлении эффективные технологические процессы и средства оснащения;

– повышение организационно-технического уровня предприятия-изготовителя для обеспечения технологических процессов,

необходимых для изготовления конструкции.

Целью исследования является анализ методов оценки ТКИ на современном производстве. Мы попытаемся выявить проблемы, возникающие в процессе оценки ТКИ, и предложить пути решения.

Типовая схема анализа ТКИ для подготовки производства к выпуску нового изделия включает оценку ТКИ по качественному и количественному критериям [9, 10].

Качественная оценка выполняется по параметрам «технологично-нетехнологично», «допустимо-недопустимо» на основе опыта изготовления типовых изделий. На производстве данную работу выполняет технолог отдела подготовки. Его задачами является анализ геометрии детали (узла, агрегата, изделия), позволяющий определить, какое оборудование необходимо для ее изготовления. Технолог использует в своей работе такие директивные материалы как инструкции, ГОСТы, ОСТы, СТП. Работа технолога трудоемка, требует большого опыта и обширных знаний о производстве. В случае признания изделия нетехнологичным его КД передается разработчикам с замечаниями отдела подготовки производства. В случае одобрения проекта технолог оформляет документ, указывая ключевые элементы детали и оборудование, необходимое для их создания. На основании этого документа в дальнейшем принимается решение о производстве детали.

ТКИ выражается численными показателями, характеризующими степень соответствия требованиям технологичности конструкции [8]. Степень определяется отношением показателей технологичности разрабатываемого изделия к базовым усредненным показателям идентичных изготовленных изделий.

Используются следующие показатели [8]:

- трудоемкость изготовления изделия T_u , н/час;
- технологическая себестоимость изделия St , руб.;
- относительная трудоемкость вида производственного процесса T_o (литейных, кузнечных, штамповочных, и пр. работ);
- коэффициент применяемости $K_{пр} (шт)$, штук;

– коэффициент применяемости типоразмеров $K_{пр. тп.}$;

– коэффициент применяемости в стоимостном выражении $K_{пр.с}$, руб;

– коэффициент внутривидовой унификации $K_{ву}$;

– коэффициент использования материалов $K_{им}$.

Данные коэффициенты рассчитываются несколькими экономическими отделами предприятия. Показатели общей и относительной трудоемкости (T_u , T_o) важны для определения нагрузки на оборудование и инструмент. Показатели уровня стандартизации и унификации изделия ($K_{пр} (шт)$, $K_{пр. тп.}$, $K_{пр.с}$, $K_{ву}$) должны рассчитываться на этапе проектирования директивных документов и инструкций по изготовлению изделия. В итоге формируется документ, содержащий все показатели [1, 3].

После анализа качественной и количественной составляющих ТК формируется производственная комиссия, которая анализирует выходные данные и принимает окончательное решение о технологичности изделия на данном производстве.

Сказанное позволяет нам выдвинуть **проблему анализа ТКИ**. Действительно, анализ ТКИ в его традиционном варианте занимает слишком много времени и задействует множество структур подготовки производства, что задерживает запуск опытного образца. Также при проведении оценки качества ТКИ требуется опытный технолог, знающий всю специфику производства, на котором будет изготавливаться опытное изделие. Молодому и неопытному специалисту придется тратить немало времени на оценку качества ТКИ.

Для решения указанной проблемы кажется целесообразным применить новую методику анализа ТКИ на основе электронной модели изделия (ЭМИ). Схема решения представлена на рис. 2.

С помощью исходных данных, перенесенных на 3D модель изделия, базы знаний и математического аппарата возможно выполнить автоматизированную оценку ТКИ. В базе данных хранятся необходимые формулы

Схема цикла типового анализа ТКИ

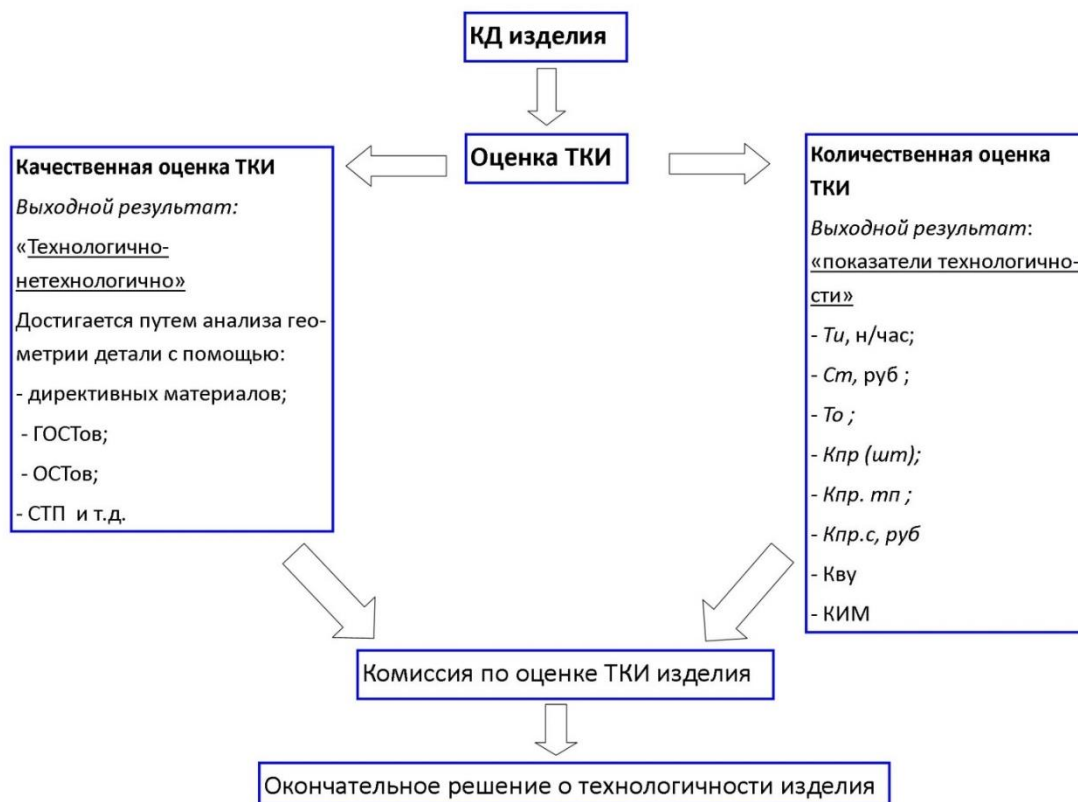


Рис. 1. Цикл типового анализа ТКИ на современном производстве

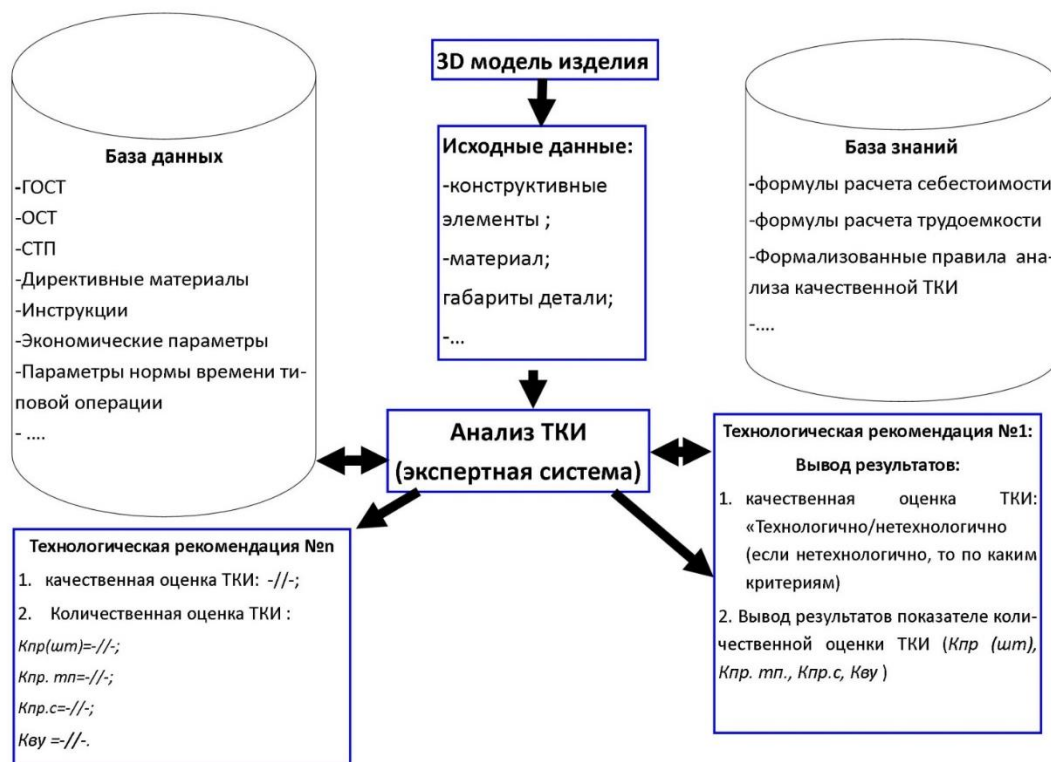


Рис. 2. Схема новой методики оценки ТКИ на основе электронной модели изделия

расчета и правила анализа для оценки ТКИ по качественным (ГОСТы, ОСТы, директивные материалы и т. д.) и количественным (экономическим и временным) параметрам. Таким образом, становится возможным в режиме реального времени получать сведения о технологичности изделия на производстве. Результатом работы программы является оценка ТКИ, выводимая на экран в виде надписи «технологично» или «нетехнологично». В случае признания модели нетехнологичной указываются также критерии, по которым она признана таковой. Для расчетов ко-

личественной ТКИ используется следующая формула:

$$K_i = \frac{K_i \text{ расчетная}}{K_i \text{ базов идентичного изделия}} \Rightarrow 1,$$

где i количественный показатель оценки ТКИ. Чем ближе показатель стремится к 1, тем более технологично изделие с точки зрения количественной оценки ТКИ.

Окончательный вариант технологической рекомендации показан на рис. 3.

| | | | | |
|---|---|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | <table border="1"> <tr> <td><i>K_{пр.тп}=0,7</i></td> </tr> <tr> <td><i>., K_{пр.с}=0,8</i></td> </tr> <tr> <td><i>K_{ву}=0,5</i></td> </tr> </table> | <i>K_{пр.тп}=0,7</i> | <i>., K_{пр.с}=0,8</i> | <i>K_{ву}=0,5</i> |
| <i>K_{пр.тп}=0,7</i> | | | | |
| <i>., K_{пр.с}=0,8</i> | | | | |
| <i>K_{ву}=0,5</i> | | | | |
| Технологическая рекомендация № 1 | | | | |
| <u>Качественная оценка ТКИ</u> | <u>Количественная оценка ТКИ</u> | | | |
| Нетехнологично (закрытая малка) | <i>K_{пр (шт)}=0,9,</i> | | | |
| | <i>K_{пр. тп}=0,7</i> | | | |
| | <i>., K_{пр.с}=0,8</i> | | | |
| | <i>K_{ву}=0,5</i> | | | |

Рис. 3. Форма технологической рекомендации

Выводы

Традиционный метод оценки ТКИ достаточно трудоемок. С одной стороны, для выполнения количественной оценки привлекаются люди из многих службы и отделов предприятия. С другой стороны, для выполнения качественной ТКИ требуется опытный технолог, знающий о работе цехов и специфике оборудования. Все эти факторы увеличивают время подготовки производства. В

предложенной статье спроектирован новый метод оценки ТКИ с помощью ЭМИ изделия и программного аппарата. Данный метод существенно сократит подготовку производства к выпуску нового изделия, минимизирует человеческий фактор, а также значительно упростит работу технолога, принимающего решение о технологичности или нетехнологичности изделия на данном производстве.

Список источников

1. Lavrentyeva M., Govorkov A. Identifying the objects in the structure of an e-model by means of identified formal parameters in the design and engineering environment. MATEC Web of Conferences. 2017. № 129 (03002). DOI: 10.1051/mateconf/201712903002.
2. Govorkov A. Zhilyaev A. The estimation technique of the airframe design for manufacturability. International conference on mechanical engineering, automation and control systems 2015 (MEACS2015). 1757-8981. DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012014.
3. Lavrentyeva M., Govorkov A. Using a discrete product model to determine the design element junctures. MATEC Web of Conferences. 2017. № 129 (03002). DOI: 10.1051/mateconf/201712903003.
4. Семенов А. Н. Технологичность конструкции изделия машиностроения. Рыбинск: РГАТУ имени П. А. Соловьева, 2016. 217 с.
5. Амиров Ю. Д. Технологичность конструкции изделия. М.: Машиностроение, 1990. 768 с.
6. Говорков А. С., Ахатов Р. Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. № 6. С. 285–292.
7. Говорков А. С., Жильяев А. С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. С. 335–338.
8. Медведева С. А. Основы технической подготовки производства. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. 69 с.
9. Ирзаев Г. Х. Модель выбора конструкции по количественным критериям в системе обеспечения технологичности изделий // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 108–113.
10. Ирзаев Г. Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий: монография. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 192 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

Никодим Владимирович Подрез,
инженер-технолог,
Иркутский авиационный завод – филиал
ПАО «Корпорация «Иркут»,
664074, г. Иркутск, ул. Новаторов, 3,
Российская Федерация,
аспирант кафедры Технологии и оборудования
машиностроительных производств,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
podrez-nikodim@mail.ru

Алексей Сергеевич Говорков,
директор Института информационных
технологий и анализа данных,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
govorkov_as@istu.edu

Nikodim V. Podrez,
Process- Engineer,
Irkutsk Aviation Plant – Branch of “Irkut Corporation”,
3 Novatorov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
Postgraduate Student, Technology and Equipment for
Machine-Building Production Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
podrez-nikodim@mail.ru

Aleksei S. Govorkov,
Director of the Institute of Information
Technologies and Data Analysis,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
govorkov_as@istu.edu