

УДК 334.02 7

Основные направления экономического анализа изменений конструкторско-технологической документации в деятельности предприятия

Васильев Сергей Сергеевич

Старший преподаватель,
Технологический институт НИЯУ МИФИ г. Лесной,
624200, Российская Федерация, Свердловская область,
Лесной, Коммунистический просп., 36;
e-mail: vss-1969@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены особенности разработки и применения научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию и усилению экономических и управленческих методов воздействия на формирование качества конструкторско-технологической документации в ходе процесса проектирования машин и механизмов. В формировании качества продукции процесс проектирования занимает весьма важное место, находясь между установлением нормативного уровня качества и процессом воплощения проектной модели в формате машины. Представлена математическая модель, с помощью которой возможно получить количественные значения (оценку) успешных управляющих оперативных воздействий (срабатывания средств контроля, действий контролирующего персонала, применения автоматизированных средств защиты от ошибок или умышленных действий персонала) по парированию возникшей неблагоприятной ситуации — недопущению или минимизации значений соответствующих рисков экономических потерь. Вместе с тем вопросы управления качеством проектирования еще не достаточно разработаны и проблема в целом недостаточно изучена.

Для цитирования в научных исследованиях

Васильев С.С. Основные направления экономического анализа изменений конструкторско-технологической документации деятельности предприятия // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 8. С. 31-41.

Ключевые слова

Конструкторско-технологическая документация, ошибки проектирования, экономические риски, системный анализ, оперативный уровень управления.

Введение

Повышение качества продукции машиностроительной отрасли народного хозяйства является одним из проявлений объективного экономического закона постоянного повышения производительности общественного труда. Улучшение качества продукции становится объективной тенденцией развития общественного производства и формируется в результате систематической работы, направленной на обеспечение современных эксплуатационных требований к качеству произведенных технологических элементов, машин и механизмов.

Системный анализ качества процесса проектирования

Система управления комплексным процессом формирования качества продукции машиностроения (рис. 1) включает последовательное проведение трех основных этапов:

- установление нормативного уровня качества посредством разработки комплекса нормативных документов, определяющих необходимые требования к продукции (этап 1);
- обеспечение установленного уровня качества, осуществляемое в процессе проектирования и производства продукции (этап 2);
- поддержание достигнутого (при проектировании и производстве) уровня качества продукции в процессе эксплуатации (этап 3).

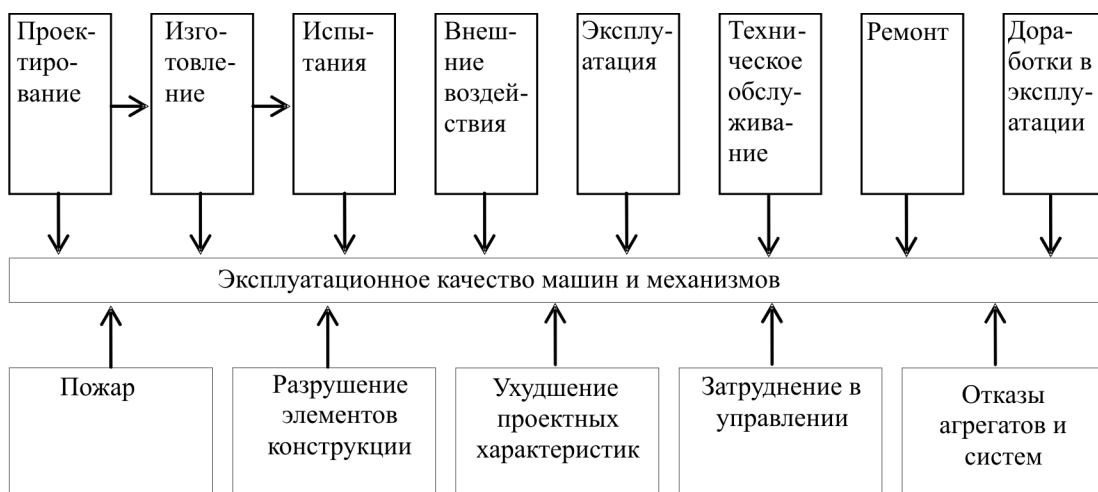


Рисунок 1. Основные формы проявления факторов, определяющих функциональную эффективность и качество продукции машиностроения

Установление нормативного уровня качества продукции (который объективно необходим и реально достижим исходя из эксплуатационных требований и ресурсных ограничений) является первым этапом для обеспечения качества продукции на стадии проектирования (формирования соответствующей модели требуемого качества) и последующего

создания продукции, соответствующей проектной модели, с соблюдением правил и норм производства работ [Федюкин, Дурнев, Лебедев, 2005].

В соответствии с основной концепцией работы повышение качества проектов (конструкторско-технологической документации, КТД) продукции машиностроения достигается за счет применения системы мероприятий (в рамках функционирования организационно-экономической системы), ориентированных на своевременное выявление и ликвидацию ошибок и недостатков на этапе проектирования и/или причин, их порождающих.

Информационное моделирование (разработка КТД в виде технического предложения, эскизного и технического проектов) – это процесс последовательного углубления идеализированных знаний об объекте проектирования и практического опыта. Сложность разработки КТД, а следовательно, ее длительность, количество сложных возможных изменений, зависят непосредственно от уровня сложности и новизны объекта проектирования, уровня качества готовой продукции.

Параметрическая оптимизация и обеспечение преемственности машиностроительной продукции создают благоприятные предпосылки для применения методов группового и базового проектирования – перехода от проектирования отдельно элемента к одновременной разработке целого комплекса конструктивно подобных элементов и модульных комплексов (из этих элементов), соответствующих действующим и перспективным условиям их эксплуатации.

Под организационно-экономической системой управления качеством продукции (в том числе необходимой КТД) следует понимать совокупность экономических рычагов и стимулов, нормативной базы, а также организационных форм и связей в системе управления, с помощью которых осуществляется целенаправленное воздействие на факторы, определяющие уровень качества продукции.

Организационно-экономическая система управления качеством продукции включает следующие функции:

- стратегического, тактического и оперативного управления;
- принятия решений, управляющих воздействий, анализа и учета, информационно-контрольные функции;
- специализированные и общие для всех стадий жизненного цикла продукции;
- управления по научно-техническим, производственным, экономическим и социальным факторам и условиям.

Важной особенностью организации и функционирования организационно-экономической системы является то обстоятельство, что в ней непосредственно реализуются интересы специалистов предприятия (занятых в процессе разработки КТД), поэтому различные элементы системы управления должны выступать как экономические стимулы, направленные на согласование экономических интересов отдельных лиц (проектантов), производственного машиностроительного предприятия и общества – потребителя проектируемой и выпускаемой продукции [Злобин, 1980].

Методические принципы снижения объемов корректировок КТД

Управление проектированием – это организация процесса разработки нового объекта (продукции машиностроения), которая в рамках поставленной задачи наилучшим образом позволяет получить эффективное решение в виде соответствующего комплекта КТД.

Методические положения управления качеством проектирования машиностроительной продукции предусматривают использование комплексного подхода, включающего:

- метод оценки качества проектных решений;
- методы управления качеством проектов;
- методы и принципы планирования и экономического стимулирования высокого качества проектов (в том числе минимизации объемов изменений и корректировок КТД).

Применяемые в настоящее время методы оценки и планирования, повышения качества КТД в значительной мере основаны на субъективных оценках и недостаточно отражают социальный аспект качества проектной документации, а действующая система планирования проектных работ не предусматривает показатели качества проектов. Как правило, в системе экономического стимулирования доля поощрения за высокое качество проектной продукции явно недостаточна.

Отсутствие (или минимизация) ошибок и дефектов проектной документации является важным фактором повышения социально-экономической эффективности продукции машиностроения и научно обосновывается повышением качества проектов за счет введения определенной совокупности организационно-технических мероприятий, направленных на своевременное выявление ошибок и недостатков в проектировании, разработки и осуществления мероприятий по ликвидации этих недостатков или исключения причин, их порождающих, а также внедрения и осуществления действенной системы управления качеством проектирования, при которой значительно повышается надежность разработки высококачественной КТД.

Концепция системной оценки параметров принятия решений (определяющих качество выпускаемой продукции) предполагает анализ проектных, организационных и управленческих решений в формате системы качества продукции, состоящей из трех основных этапов:

- для этапа «установление нормативного уровня качества» – показатель качества нормативных документов, определяющих необходимые требования к продукции:

$$P_1 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j Q_j\right), \quad (1)$$

где:

P_1 – показатель качества нормативных документов;

m_i – единичный показатель эффективности;

q_i – удельный вес единичного показателя эффективности;

n – количество принятых к рассмотрению единичных показателей;

M_j – относительный показатель эффективности;

Q_j – удельный вес относительного показателя эффективности;

k – количество принятых к рассмотрению относительных показателей;

– для этапа «обеспечение установленного уровня качества» – показатель качества принятия проектных решений (разработки комплекта КТД):

$$P_2 = f(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j Q_j), \quad (2)$$

где: P_2 – показатель качества в процессе проектирования и производства продукции;

– для этапа «поддержание достигнутого (при проектировании и производстве) уровня качества продукции» – показатель качества эксплуатации продукции:

$$P_3 = f(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j Q_j), \quad (3)$$

где: P_3 – показатель качества эксплуатации.

Параметры m_i , q_i , n , M_j , Q_j , k , которые используются в зависимостях (2) и (3), имеют такой же физический смысл, что и аналогичные параметры зависимости (1).

Системный показатель качества продукции определяется зависимостью

$$P_k = (a_1 \cdot P_1) + (a_2 \cdot P_2) + (a_3 \cdot P_3), \quad (4)$$

где: $a_1 \div a_3$ – удельный вес показателей качества соответствующих этапов.

Значения для удельного веса показателей качества определяются следующими возможными способами:

– обработкой статистической информации для реализованных объектов (продукции) машиностроительного назначения;

– математическим (численным или численно-аналитическим) моделированием процессов и событий, включая различные сценарии развития;

– принятием расчетных значений на базе реализации решений для аналогичной продукции (узла, машины, технологической линии);

– использованием алгоритма экспертных оценок;

– принятием директивного значения, обоснованного техническими, экономическими или иными факторами.

Концепция системной оценки принятия решений (качества продукции) предполагает применение для оценки и управления процессами методов и приемов системного анализа сложных эргатических систем и образований (табл. 1) [Мухин, 2003].

Отличительной особенностью учета поведения эргатической системы является постоянно растущее несоответствие требований качества технических характеристик, возможностей технических устройств, машин и средств автоматизации условиям практической деятельности человека-проектанта, который занимается обеспечением качества проектирования и эксплуатации.

Таблица 1. Основные особенности эргатической системы

Виды особенностей	Характеристика
Функциональные	– Наличие общей задачи и единой цели функционирования для всех элементов системы; – случайный характер внешних воздействий, которые влияют на функционирование системы; – наличие прямых и обратных связей между структурными элементами, сложный характер их взаимодействия, особенно при влиянии внешних факторов; – возможность реакции элементов на воздействие внешних факторов, адаптация к изменяющимся условиям; – надежность и устойчивость системы, состоящей из различных элементов с неоднородной степенью надежности; – способность системы к развитию (переходу на более высокий уровень) и упадку (переходу на менее высокий уровень)
Структурные	– Значительное количество структурных элементов, составляющих систему; – возможность объединения в группы (подсистемы) элементов по некоторым установленным признакам; – наличие иерархической структуры и критериев функционирования; – динамичность состояний и связей
Эргономические	– Субъективный характер принимаемых решений; – возможность случайных и преднамеренных ошибок; – непредсказуемость работоспособности, поведения, настроения, неспособность прогнозировать результаты принятых к реализации решений

Оценка экономических рисков, вызванных большими объемами и сложностью корректировок КТД

Основу математической теории риска составляет допущение о том, что каждый из трех основных этапов процесса формирования качества продукции машиностроения неизбежно подвергается рискам: увеличению продолжительности; ухудшению качества; дополнительным затратам на внесение исправлений и корректировок. Оценка рисков проявления большого количества корректировок КТД формируется в результате систематического анализа следующих вопросов [Королев, Бенинг, Шоргин, 2011]:

- какие благоприятные факторы необходимо принять к рассмотрению?
- какую степень (функцию) тяжести последствий следует ожидать?
- как велика вероятность их проявления?

На рис. 2 представлена общая структурная схема, ориентированная на априорное выявление (идентификацию) неблагоприятных факторов (материальных источников потенциального экономического ущерба вследствие низкого качества КТД) и определение соответствующих характеристик рисков.

Процедура анализа видов, последствий и критичности проявления неблагоприятных факторов (ошибок или умышленно неправильных действий персонала, отказов систем автоматизированного проектирования) включает проведение следующих этапов:

- разукрупнение группы (или структуры) возможных неблагоприятных факторов до уровня однотипных ошибок или отказов одинаковой физической природы проявления;

– анализ причинно-следственных связей, которые могут привести (или приводят) к проявлению неблагоприятных факторов;

– оценка возможных последствий ошибок и неправильных действий, ранжирование по количественным параметрам степени тяжести последствий, определение возможности формирования неблагоприятных последствий в формате зависимых ошибок.



Рисунок 2. Структурная схема анализа рисков потерь качества продукции

Результатом проведения процедуры является выявление «критичных» структурных элементов в системе разработки КТД – таких элементов, ошибки или отказы функционирования которых могут стать критическими для установленного уровня качества продукции или приводят к значительному количеству корректировок КТД.

Качественные показатели не позволяют в достаточной степени реализовать возможности оценки экономических рисков от проявления большого количества корректировок и изменений КТД, а также определить состав и объем мероприятий, необходимых для достижения приемлемых результатов. Процедура анализа видов, последствий и критичности ошибок персонала и отказов технических средств нуждается в формализации выявленных «критических» элементов и процедур адекватными количественными показателями, которые позволяют получить управленческое решение для целого ряда практических задач оперативного назначения.

Количественное значение экономического риска, вызванного большими объемами и сложностью корректировок КТД, определяется зависимостью

$$R = P \cdot F, \quad (5)$$

где:

R – расчетное значение риска;

P – расчетное значение вероятности проявления неблагоприятных факторов;

F – расчетное значение степени (функции) тяжести негативных последствий.

На рис. 3 представлена математическая модель вероятностного анализа процесса разработки КТД для этапа проектирования продукции машиностроения, представленная в фор-

мате дерева событий [Вентцель, Овчаров, 2000]. Модель предназначена для определения вероятности последствий проявления неблагоприятных факторов, способных привести к экономических потерям.



Рисунок 3. Дерево событий для анализа развития процесса разработки КТД:

—————> зависимые события; - - - - -> независимые события

Вероятностная математическая модель в формате дерева событий (см. рис. 3) включает:

- исходное (начальное) состояние процесса проектирования, соответствующее штатному (плановому, благоприятному) рабочему режиму разработки комплекта КТД, и структуру возможных дискретных конечных зависимых и независимых состояний и путей (связей) развития возможной неблагоприятной ситуации (ошибки и корректировки КТД, увеличение продолжительности проектирования) между этими состояниями:

- благоприятное (штатное) окончание процесса разработки комплекта КТД, характеризующегося отсутствием или минимумом ошибок, а также минимальными экономическими потерями, связанными с необходимостью доработок;

- неблагоприятное (нештатное) окончание процесса разработки комплекта КТД в следующих возможных состояниях: наступления или ненаступления значительных экономических последствий неблагоприятной ситуации.

Заключение

При помощи представленной математической модели возможно получить количественные значения (оценку) успешных управляющих оперативных воздействий (срабатывания

средств контроля, действий контролирующего персонала, применения автоматизированных средств защиты от ошибок или умышленных действий персонала) по парированию возникшей неблагоприятной ситуации – недопущению или минимизации значений соответствующих рисков экономических потерь.

Библиография

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерное приложение. М.: Высшая школа, 2000. 383 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2008. 65 с.
3. Железнов О.В. Задача управления процессом разработки конструкторско-технологической документации авиастроительного предприятия // Электронный научный журнал. 2015. № 2 (2). С. 166-170. DOI: 10.18534/enj.2015.02.166
4. Железнов О.В., Полянсков Ю.В. Оптимизационная модель бизнес-процесса разработки и согласования конструкторско-технологической документации авиастроительного предприятия // Вопросы. Гипотезы. Ответы: наука XXI века. Краснодар: ИП Акелян Н.С., 2015. С. 66-83.
5. Злобин Б.К. Экономический механизм повышения качества продукции. М.: Мысль, 1980. 239 с.
6. Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я. Математические основы теории риска. М.: Физматлит, 2011. 591 с.
7. Мокрушин Ю.А., Шамин В. Ю. Экономическое значение методики комплексного размерного анализа конструкторско-технологической документации изделий машиностроения // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2012. № 2-2. С. 35-42.
8. Мухин В.И. Исследование систем управления. М.: Экзамен, 2003. 284 с.
9. Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управление качеством промышленной продукции. М.: Рилант, 2005. 328 с.
10. Хрусталева Е.Ю., Славянов А.С., Хрусталева О.Е. Систематизация, классификация и методы компенсации рисков в жизненном цикле сложных наукоемких проектов на примере ракетно-космической техники // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 5 (452). С. 29-40.
11. Шпренгер Р.В. Организация учета документов при создании электронного архива конструкторской и технологической документации // Информационные технологии в науке и производстве: материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции. Омск, 2015. С. 201-205.

The economic analysis of design and technological documentation modifications in the activity of an enterprise

Sergei S. Vasil'ev

Senior Lecturer,
National Research Nuclear University MEPhI Technological Institute,
624200, 36 Kommunisticheskii Avenue, Lesnoy,
Sverdlovsk Oblast, Russian Federation;
e-mail: vss-1969@mail.ru

Abstract

This article considers the economic and management methods of machinery design and technological documentation quality assurance. The quality assurance system in mechanical engineering includes three stages: developing the quality specification, meeting the requirements when designing and manufacturing the product, maintaining the quality when using the system for its intended purpose. It is necessary to specify the quality requirements for the product: this is the first step on the way to high quality when designing the future product for its further implementation meeting the implementation requirements. According to the main conception of working process, the quality assurance for the technical specifications in mechanical engineering requires timely detection and elimination of the relevant errors and problems (and/or their causes) when designing the product. Information modeling (i.e. the development of specification as a preliminary design or technical project) is the process of elaborating the model of the object being designed. A specification development may be more or less complex process depending on the complexity and novelty of the object being designed and on the quality level required for the product. Design is the key process for quality assurance; it defines how the relevant specification requirements shall be met. The author suggests a mathematical model describing the measures against undesirable situations that can lead to losses; the measures mentioned above include the use of control technologies as well as the supervisory personnel activity. However, the author shows that the design quality assurance is still an insufficiently studied area.

For citations

Vasil'ev S.S. (2016) Osnovnye napravleniya ekonomicheskogo analiza izmenenii konstruktorsko-tekhnologicheskoi dokumentatsii deyatel'nosti predpriyatiya [The economic analysis of design and technological documentation modifications in the activity of an enterprise]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 8, pp. 31-41.

Keywords

Design and technological documentation, design errors, economic risks, systems analysis, operational control.

References

1. Fedyukin V.K., Durnev V.D., Lebedev V.G. (2005) *Metody otsenki i upravlenie kachestvom promyshlennoi produktsii* [Quality management for an industrial plant]. Moscow: Rilant Publ.
2. GOST R ISO 9001-2008. *Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya* [Quality management systems: standards]. Moscow: Standartinform Publ., 2008.
3. Khrustalev E.Yu., Slavyanov A.S., Khrustalev O.E. (2016) Sistematizatsiya, klassifikatsiya i metody kompensatsii riskov v zhiznennom tsikle slozhnykh naukoemkikh proektov na primere raketno-kosmicheskoi tekhniki [Risk management for high tech projects in aerospace industry]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: the theory and practice], 5 (452), pp. 29-40.
4. Korolev V.Yu., Bening V.E., Shorgin S.Ya. (2011) *Matematicheskie osnovy teorii riska* [The mathematical basis of risk theory]. Moscow: Fizmatlit Publ.
5. Mokrushin Yu.A., Shamin V.Yu. (2012) Ekonomicheskoe znachenie metodiki kompleksnogo razmernogo analiza konstruktorsko-tekhnologicheskoi dokumentatsii izdelii mashinostroeniya [Integrated dimensional analysis as a tool for design specifications development in mechanical engineering]. *Udmurt State University Gazette: Economics and Law*, 2-2, pp. 35-42.
6. Mukhin V.I. (2003) *Issledovanie sistem upravleniya* [Control systems]. Moscow: Ekzamen Publ.
7. Shprenger R.V. (2015) Organizatsiya ucheta dokumentov pri sozdaniy elektronnoy arkhiva konstruktorsko i tekhnologicheskoy dokumentatsii [Electronic documents management for design specifications]. *Informatsionnye tekhnologii v nauke i proizvodstve* [IT applications in science and industry]: the symposium abstract. Omsk, pp. 201-205.
8. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. (2000) *Teoriya sluchainykh protsessov i ee inzhenernoye prilozhenie* [The theory of stochastic processes and its engineering applications]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.
9. Zheleznov O.V. (2015) Zadacha upravleniya protsessom razrabotki konstruktorsko-tekhnologicheskoy dokumentatsii aviastroitel'nogo predpriyatiya [The design specifications management for an aircraft manufacturer]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal* [The online scientific journal], 2 (2), pp. 166-170.
10. Zheleznov O.V., Polyanskoy Yu.V. (2015) Optimizatsionnaya model' biznes-protsessa razrabotki i soglasovaniya konstruktorsko-tekhnologicheskoy dokumentatsii aviastroitel'nogo predpriyatiya [Design documentation development optimization for an aircraft manufacturer]. *Voprosy. Gipotezy. Otveti: nauka XXI veka* [Questions, hypotheses, answers: The 21st century science]. Krasnodar: IP Akelyan N.S. Publ., pp. 66-83.
11. Zlobin B.K. (1980) *Ekonomicheskii mekhanizm povysheniya kachestva produktsii* [The economic methods for quality assurance]. Moscow: Mysl' Publ.