

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТОИМОСТИ РАБОТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОМПОНЕНТОВ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Глебовицкий М.К., Кузнецова Я. В.

АО «Металлист-Самара», г. Самара , metallist@metallist-s.ru

В настоящее время в связи с ограничительными санкциями, введенными многими странами и фирмами «партнерами» остро стоит вопрос о ремонтах и изготовлении компонентов лицензионных и эксплуатируемых в России газотурбинных двигателей (ГТД) зарубежного производства. В отдельных случаях вопрос стоит и ремонте ГТД целиком.

Проектирование ремонтных или изготовление подобных компонентов процесс достаточно сложный, начинающийся согласно с ГОСТ 2.103–2013 [1] и ГОСТР 15.301–2016 [2] с разработки ТЗ и заканчивающийся испытаниями, подтверждающими работоспособность изготовленных компонентов.

Изготовление вновь изношенных деталей в рамках импортозамещения для ремонта зарубежных двигателей ведется, как правило, при полном отсутствии конструкторской документации (КД). Поэтому необходимо организовывать проектирование узла, включающее в себя:

- изучение, по возможности условия работы изношенного или дефектного узла, подлежащего модернизации. Часто для этого необходимо провести расчеты рабочих процессов в узле или оценку его прочностных характеристик, используя среднестатистические параметры подобных конструкций ГТД близкой размерности;
- проведение дефектации узла с целью определения характера износа или иного дефекта. Результаты дефектации могут показать и причину возникновения дефекта, которая может лежать и в самой конструкции рассматриваемого узла или во влиянии соседних узлов;
- реинжиниринг узла под отечественные стандарты и возможности имеющегося у предприятия или у смежников оборудования;
- определение марки материала и подбор отечественного аналога;
- разработку технологии изготовления, учитывающую возможности оборудования, имеющегося на предприятии или предприятия смежника;
- разработку и изготовление необходимой оснастки для изготовления и контроля качества изготовленного узла;
- разработку программы и проведение испытания по контролю качества изготовленного узла. При необходимости провести доработку стенда для испытания рассматриваемого узла;
- объективно оценить стоимость работ.

В целом проектирование это сложный математический процесс или сложная система.

Принцип делить каждую из рассматриваемых систем на столько частей, сколько потребуется, чтобы лучше их разрешить, используется и в настоящее время при анализе сложных систем, например [3].

На основании статистического подхода целевая функция сложной системы может быть записана в виде:

$$C = \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{z=1}^n \sum_{i=1}^k b_i y_i , \quad (1)$$

где C – целевая функция (обобщенный выходной параметр основной системы);

x_i – входные параметры основной системы;

a_i – весовые коэффициенты основной системы;

y_i – выходные параметры подсистем низшего уровня, влияющие на входные параметры основной системы;

b_i – весовые коэффициенты систем низшего уровня;

n – количество систем низшего уровня.

Ниже представлен пример решения оценки стоимости работы на основе формулы (1).

$$C = \sum_{i=1}^N a_i m_i C_i^m + K_{н.р.} \left(\sum_{i=1}^Z C_{н.ч.}^{к.р.} TP^{A4}_i + \sum_{i=1}^{Yсб} C_{н.ч.}^{к.р.} TP^{сб}_i \right) / N + C_{н.ч.}^{mex} TP^{mex} / N + C_{м.ч.} + K_{н.р.} \sum_{i=1}^N C_i TP^{изз}_i + K_{н.р.} C_{учн} N + \sum_{i=1}^N KTC - \sum_{i=1}^N a_{iomx} m_i C_{iomx}^m \quad (2)$$

где N – количество заказанных узлов;

Z – количество форматов А4 при реинжиниринге отдельных деталей в заказываемом узле;

Y – количество форматов А4 при реинжиниринге сборочных чертежей в заказываемом узле;

C_i^m – стоимость материала i - той детали рассматриваемого узла, руб/кг;

m_i – масса i - той детали рассматриваемого узла, кг;

a_i – в данном случае является коэффициентом использования материала при изготовлении детали (КИМ).

$K_{н.р.}$ – коэффициент накладных расходов (в него входят расходы на управленческий аппарат, ведение переговоров перед заключением договора на выполнения работы, нормирование трудоемкости, бухгалтерский учет, амортизацию оборудования, расходы на электроэнергию и теплоносители и многое другое;

$C_{н.ч.}^{к.р.}$ – стоимость нормочаса разработки конструкторской документации;

TP^{A4} – рекомендованная трудоемкость разработки одного чертежа формата А4 в н/час приведена в [4];

$TP^{сб}$ – рекомендованная трудоемкость разработки одного сборочного чертежа формата А4 в н/час приведена в [4];

$C_{н.ч.}^{mex}$ – стоимость нормочаса разработки технологической документации;

$TP^{ТЕХ}$ – рекомендованная трудоемкость разработки технологического процесса изготовления в н/час приведена в [5];

$C_{пп}$ – стоимость подготовки производства;

Статистически оценить стоимость подготовки производства можно по аналогии с ранее выполняемым работам подобного типа.

$TP_i^{изз}$ – трудоемкость изготовления отдельных деталей и сборочных единиц (ДСЕ) в н/час;

$C_{исп}$ – стоимость проведения испытаний по контролю качества изготовленных ДСЕ;

KTC – стоимость конструкторско технологического сопровождения изготовления и испытаний ДСЕ;

$\sum_{i=1}^N a_{iomx} m_i C_{iomx}^m$ – стоимость отходов, которые можно сдать в металлолом.

Многие коэффициенты и величины в (2) известны или фактически или статистически.

Стоимость материала - C_i^m известна по закупочным ценам.

Масса детали – m_i определяется или по поставленному чертежу или путем взвешивания поставленного в ремонт узла.

Общая стоимость требуемого материала составит – $\sum_{i=1}^N a_i m_i C_i^m$.

Стоимость отходов – $\sum_{i=1}^N a_{iomx} m_i C_{iomx}^m$ зависит от величины КИМ.

Как правило стоимость KTC составляет $\approx 6\%$ от стоимости изготовления узла, т.е

$$\sum_{i=1}^N KTC \approx 0,06C.$$

$$\text{Стоимость реинжиниринга} - C_{PI} = K_{н.р.} \left(\sum_{i=1}^Z C_{н.ч.}^{к.р.} TP^{A4}_i + \sum_{i=1}^{Yсб} C_{н.ч.}^{к.р.} TP^{сб}_i \right) / N + C_{н.ч.}^{mex} TP^{mex} / N$$

может быть определена с экспертным коэффициентом подобия по сравнению с ранее выполненным работам подобного типа.

Фонд заработной платы с учетом налоговых отчислений при изготовлении и коэффициента накладных расходов составляет $\approx 10 - 12\%$ от стоимости договора. Таким образом стоимость выполнения работ по изготовлению составит

$$K_{н.р.} \sum_{i=1}^N C_i TP_i^{изз} = (0,1 - 0,12)C.$$

При принятом статистическом подходе к оценке стоимости выполнения работ по изготовлению инновационной продукции стоимость работ без учета стоимости подготовки производства составит:

$$C = \sum_{i=1}^N 3m_i C_i^m + 0,06C + (0,1 - 0,12)C + (0 - 0,05)C - \sum_{i=1}^N 0,6m_i C_i^m$$

или

$$(0,84 \dots 0,77) C = \sum_{i=1}^N 2,4m_i C_i^m. \quad (3)$$

Откуда статистически определенная стоимость выполнения инновационных работ составляет:

$$C = (2,9 \dots 3,1) \sum_{i=1}^N m_i C_i^m + C_{пп}. \quad (4)$$

Оценка стоимости выполнения инновационных работ по статистическим критериям (3) достаточно приближенна и может подходить при заключении договоров с «ориентировочной» стоимостью. В последствии при оценке «фактический» стоимости она должна быть уточнена.

Список литературы

1. ГОСТ 2.103–2013. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
2. ГОСТ Р 15.301–2016. Национальный стандарт Российской Федерации.
3. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
4. Типовые нормативы времени на разработку конструкторской документации. Шифр 13.01.01
5. Укрупненные нормы времени на разработку технологической документации.

Сведения об авторах

Глебовицкий Максим Константинович, исполнительный директор АО "Металлист-Самара". Область научных интересов: организация производства.

Кузнецова Ярославна Владимировна, директор по развитию АО "Металлист-Самара". Область научных интересов: организация производства, автоматизация производства, бережливое производство.

STATISTICAL EVALUATION OF THE COST OF WORK IN THE MANUFACTURE OF COMPONENTS AS PART OF IMPORT SUBSTITUTION

Glebovitsky M.K., Kuznetsova Ya.V.

JSC "Metallist-Samara", Samara, metallist@metallist-s.ru

Currently, due to the restrictive sanctions imposed by many countries and firms "partners", there is an acute issue of repairs and manufacturing of components for licensed and operated in Russia gas turbine engines of foreign production. In some cases, the issue is the repair of the entire gas turbine engine.