



## КОНТРАКТЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ КАК СРЕДСТВО ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗГОТОВИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ

В.Б. Кондусова, Д.В. Кондусов,

А.И. Сергеев, А.И. Сердюк (Оренбургский государственный университет)

Рассмотрено развитие системы контрактации для улучшения качества взаимодействия изготовителя и потребителя при изготовлении наукоемких изделий на протяжении их жизненного цикла и обеспечение на этой основе оптимизации тактико-технических характеристик изделия и его экономических показателей на стадии проектирования (САПР), производства и эксплуатации<sup>1</sup>.

Ключевые слова: САПР, контракт жизненного цикла, наукоемкие изделия, изготовитель, потребитель, затраты, проектирование, производство, эксплуатация.

Совершенствование автоматизации процесса эксплуатации в непосредственной взаимосвязи с этапами проектирования и производства, возможно посредством методологии информационной поддержки наукоемких изделий на протяжении их жизненного цикла (ЖЦ). основополагающими исследованиями в данной области являются труды Е. В. Судова, А. И. Левина, А. В. Петрова [1]. Однако эти исследования не содержат описания процесса интеграции САПР в общую архитектуру автоматизированной среды проектирования, производства и эксплуатации как средства информационного взаимодействия изготовителей и потребителей наукоемких изделий на протяжении ЖЦ в условиях прямой и обратной связи этапов проектирования, производства, эксплуатации. Для устранения этого недостатка предлагается использовать понятие контракта жизненного цикла (КЖЦ), где предметом отношений является не само изделие как объект, а достижение им определенного уровня тактико-технических показателей, коэффициента готовности, временных характеристик (время поставки изделия, время поставки компонентов материально-технического обеспечения и др.).

В этом случае модель КЖЦ представляет собой математическое описание зависимости сто-

имости проектирования, производства и эксплуатации изделия от его тактико-технических характеристик, включающее интеграцию затрат трудовых, материальных и финансовых ресурсов в их денежном выражении, связанных с реализацией жизненного цикла изделия по созданию, поставке изделия и предоставлению услуг по обеспечению эксплуатации и ремонта изделия в течение всего срока его службы [2].

На основе анализа научных источников [3] выделим три основные группы контрактов, которые воз-



Рис. 1. Виды и подвиды моделей КЖЦ

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта при финансовой поддержке Правительства Оренбургской области в рамках проекта № 22 от 14.08.2019 г «Повышение эффективности систем управления жизненным циклом изделия на основе интеллектуализации процесса переиспользования инженерных знаний».

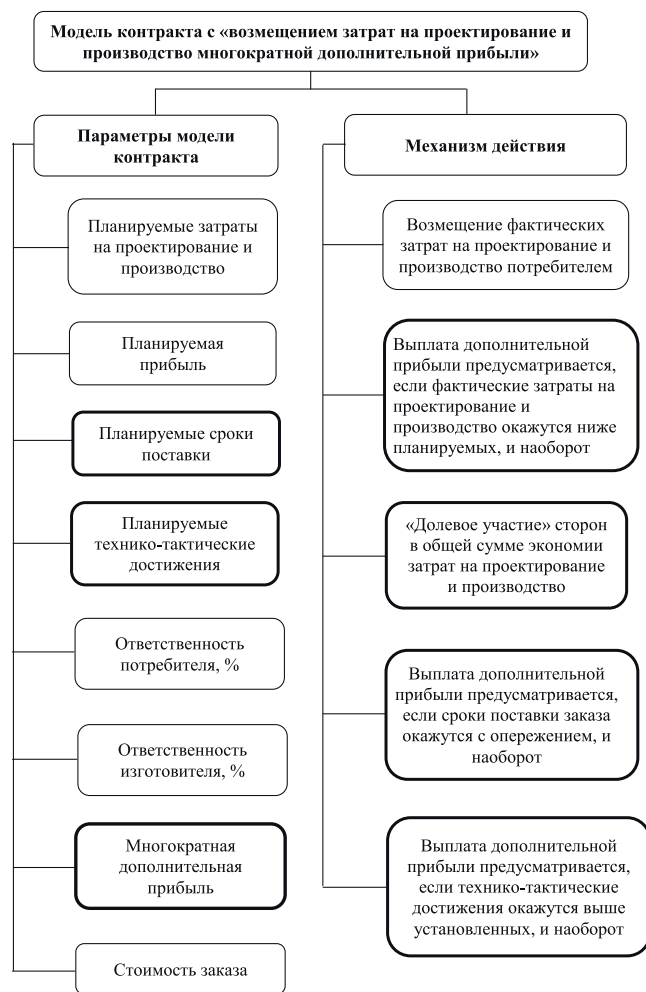


Рис. 2. Структура модели контракта с «возмещением затрат на проектирование и производство многократной дополнительной прибыли»

можно применить для жизненного цикла изделия. Группы данных контрактов подразделяются на виды и подвиды. Группировка видов и подвидов моделей КЖЦ наукоемких изделий представлена на рис. 1.

Многообразие видов моделей КЖЦ обусловлено спецификой требований и нужд потребителя, что предопределяет различия в распределении ответственности при взаимодействии изготовителя с потребителем контракта в зависимости от предмета договора, особенностей работы, экономических и иных условий [3].

В современных условиях назрела необходимость разработки модели КЖЦ наукоемких изделий, которая обеспечит автоматизацию взаимодействия изготовителя и потребителя для повышения эффективности функционирования САПР, интегрированной в общую архитектуру автоматизированной среды проектирования, производства и эксплуатации. Модель КЖЦ должна мотивировать изготовителя на достижение максимальной прибыли по всем требованиям контракта (затратам на проектирование и производство, тактико-техническим показателям, сроку поставки). При этом изготовитель может до-

стичь максимальной прибыли и по одному из требований контракта, он сам выбирает между имеющимися возможностями получения дополнительной прибыли по разным показателям.

На рис. 2 представлен пример модели КЖЦ, возмещающей затраты на проектирование и производство с разделением риска между изготовителем и потребителем (долевое участие) при выполнении заказа.

При взаимодействии изготовителя и потребителя наукоемких изделий важной составляющей является конструирование стоимости как одного из основополагающих элементов оценки эффективности жизненного цикла наукоемких изделий. В КЖЦ конструирование стоимости должно быть включено отдельной статьёй взаимодействия изготовителя и потребителя. Отсутствие данной статьи может привести к тому, что изготовитель будет стремиться скрывать сокращение своих затрат. Статья конструирования стоимости КЖЦ позволит изготовителю получать прибыль от любого сокращения затрат. Необходимо определить пропорции долевого взаимодействия изготовителя и потребителя, риск-разделение в затратах на проектирование и производство, то есть соотношение долей в экономии и дополнительных затрат.

Основным рычагом стимулирования изготовителя служит регулирование потребителем размера максимальной и минимальной дополнительной прибыли, а также долевого взаимодействия изготовителя и потребителя в общей экономии затрат на проектирование и производство.

Конструирование стоимости со стимулированием многократной дополнительной прибыли является более сложным, учитывающим не только получение максимальной прибыли изготовителем за счет экономии затрат на проектирование и производство, но и достижение технико-тактических показателей на этапах проектирования и производства, выполнение срока поставки изделия, срока поставки материально-технического обеспечения и достижение коэффициента готовности изделия на этапе эксплуатации [2].

Модель КЖЦ многократной дополнительной прибыли, описывающая зависимость дополнительной прибыли от затрат на проектирование и производство, от результата по сроку поставки, от обеспечения уровня технических показателей представлена на рис. 3 [3]. Данная модель должна быть пролонгирована и на этап эксплуатации.

Стоимость КЖЦ многократной дополнительной прибыли между ее максимальным и минимальным значениями имеет следующий вид:

$$C_{КЖЦМП} = Z_{\phi} + P_{nl} + D_{usz} \times (Z_{nl} - Z_{\phi}) \pm C_{usz} \pm T + 3_{TouP\phi} + P_{nl} + D_{usz} \times (3_{TouPnl} - 3_{TouP\phi}) \pm C_{mno} \pm K_{som}, \quad (1)$$

где —  $C_{КЖЦМП}$  — стоимость контракта жизненного цикла многократного поощрения,  $Z_{nl}$  — затраты на проектирование и производство плановые,  $Z_{\phi}$  — затра-

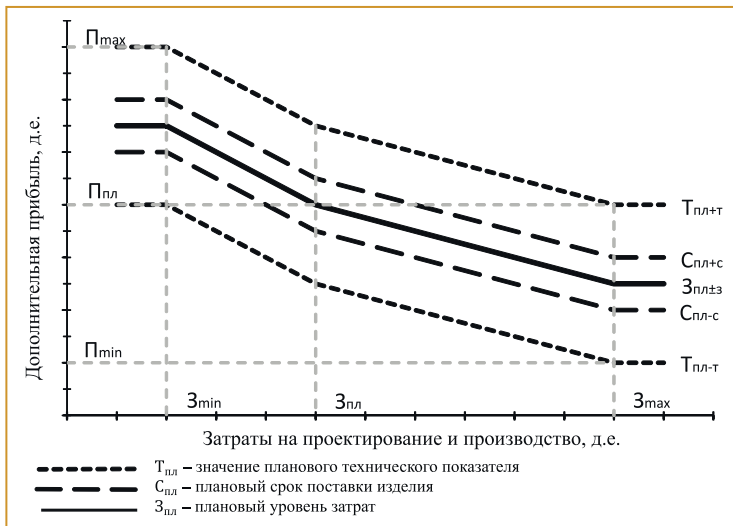


Рис. 3. Модель оценки эффективности этапов проектирования и производства с многократной дополнительной прибылью

ты на проектирование и производство фактические,  $P_{пл}$  — прибыль плановая,  $D_{изг}$  — доля изготовителя при взаимодействии с потребителем (дополнительная прибыль или штраф),  $C$  — результат по выполнению срока поставки (дополнительная прибыль или штраф),  $T$  — результат по обеспечению достижения технических показателей (дополнительная прибыль или штраф),  $Z_{ТouP_{пл}}$  — затраты плановые на ТOиP,  $Z_{ТouP_{ф}}$  — затраты плановые на ТOиP,  $C_{MTO}$  — результат по выполнению срока поставки (дополнительная прибыль или штраф),  $K_{зom}$  — результат по выполнению срока поставки (дополнительная прибыль или штраф).

Изложенные в статье положения реализованы в интегрированном программном комплексе, предназначенном для управления затратами на проектирование, производство и эксплуатацию сложных изделий машиностроения с длительным сроком эксплуатации. Для актуализации информации об изделиях в базе данных КЖЦ предусмотрен механизм обеспечения своевременного обновления данных. Отметим, что управление затратами на проектирование, производство и эксплуатацию при выполнении контракта рекомендуется осуществлять через единое информационное пространство предприятия в общей архитектуре автоматизированной среды проектирования, производства и эксплуатации, реализованной посредством PLM-системы [4].

Разработанный программный комплекс содержит следующие модули (на модули получены свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ):

- интеграции разработанных обслуживающих подсистем САПР с PLM-системой для выгрузки состава изделия;
- получения инженерных знаний из 3D-модели;
- расчета предварительной стоимости наукоемкого изделия;
- расчета показателей ЖЦ наукоемкого изделия с применением имитационного моделирования;

- организации мониторинга эксплуатации наукоемкого изделия;
  - электронного документооборота бизнес-процессов;
  - расчета оценки влияния технико-экономических параметров на эффективность жизненного цикла при производстве наукоемких изделий;
  - расчета эффективности жизненного цикла продукции комплексом статистических методов в функционально-стоимостном анализе.
- Модули могут работать как в комплексе, так и каждый самостоятельно, могут быть адаптированы к любой PLM-системе. На данный момент в условиях импортозамещения реализован модуль интеграции с PLM-системой ЛОЦМАН.

Основу модели КЖЦ составляет группа показателей, характеризующих состояние наукоемких изделий на примере воздушных судов (ВС). Разработан алгоритм расчета показателей модели КЖЦ с применением имитационного моделирования, фрагмент которого представлен на рис. 4 [5].

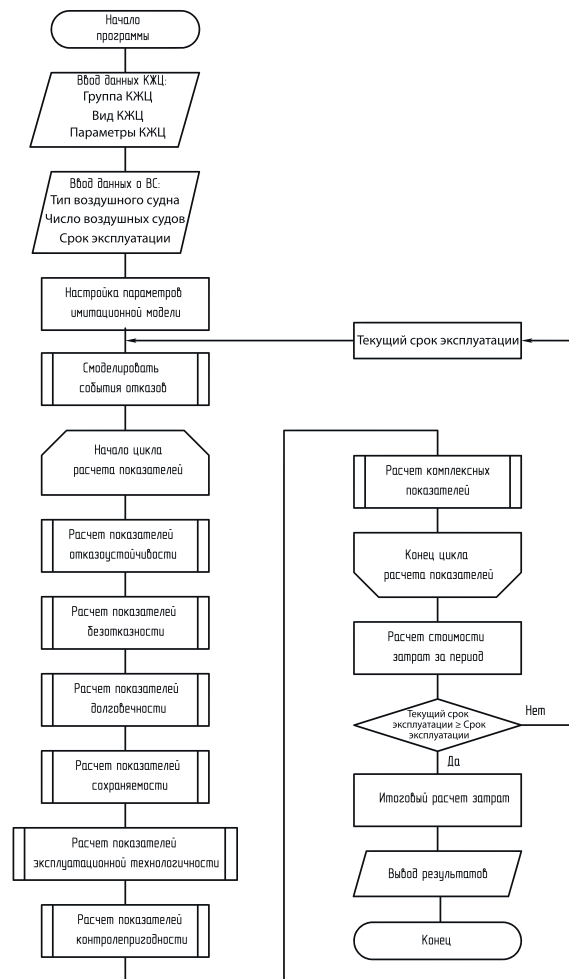


Рис. 4. Фрагмент алгоритма модуля расчета показателей КЖЦ с применением имитационного моделирования

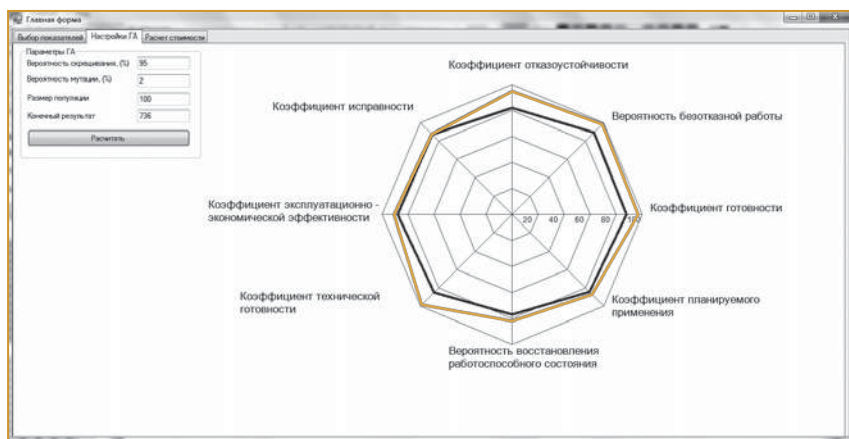


Рис. 5. Экранная форма расчета показателей КЖЦ

Программный модуль, реализованный на базе приведенного алгоритма, позволяет выбрать тип КЖЦ, показатели КЖЦ, задать число ВС, срок эксплуатации и диапазон значений для показателей КЖЦ. Используя аппарат имитационного моделирования и генетический алгоритм, параметры которого можно настраивать, производится моделирование жизненного цикла ВС, согласно заданным настройкам. Метод, реализующий вероятность события отказа, основан на официальной статистике 2005–2015 гг. Объем выборки 192 события, из них 16 — серьезные инциденты. Рассматриваются воздушные суда 1–3 класса с взлетной массой  $\geq 10$  тыс. кг. Это самолеты: Ил-96, Ил-86, Ил-76, Ту-214, Ту-204, Ту-134, Ту-154 М, Як-42, Як-40, Ан-124, Ан-24, Ан-148, Boeing-737, Boeing-747, Boeing-757, Boeing-767, Boeing-777, Airbus-310, Airbus-319, Airbus-320, Airbus-321, RRJ-95.

В результате моделирования получаем значения показателей КЖЦ, а также стоимость затрат за указанный срок эксплуатации (рис. 5). Лепестковая диаграмма наглядно отражает распределение значений показателей КЖЦ. Черная линия показывает минимальные значения показателей КЖЦ из диапазона значений, заданных пользователем. Коричневой линией соединены итоговые значения показателей по окончании моделирования.

С помощью разработанного программного комплекса обеспечивается эффективное взаимодействие изготовителя и потребителя наукоемких изделий.

Предложенная концепция информационного взаимодействия изготовителя и потребителя изделий на основе применения КЖЦ обеспечит выявление резервов снижения себестоимости для потребителя и увеличения

*Богатства с самого начала  
приходят в этот мир в  
качестве мыслей!  
Помните об этом, когда  
будете готовы заключить с  
жизнью контракт на ту  
сумму, которую у нее  
запросите.*  
Наполеон Хилл

прибыли изготовителя, связанных с рациональным использованием материалов, сроков поставок компонентов материально-технического обеспечения, с усовершенствованием конструкции наукоемких изделий или производственного процесса.

Переход на предложенную концепцию означает, что ЖЦ организован по принципу обратной связи: с этапа эксплуатации постоянно поступает информация о проверках, отказах, ошибках, что позволяет проектировщикам и технологам исправить, устранить или сделать заново изделие (узел, деталь), находящееся в разработке на данный момент до его поставки потребителю. Такие итерации возможно проводить и с последующими изделиями, поступающими в эксплуатацию потребителю, отслеживая и улучшая значение коэффициента готовности наукоемкого изделия.

#### Список литературы

1. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.Н., Петров А.В., Бороздин Д.Н. Анализ логистической поддержки: теория и практика. М.: Изд. «ИнформБюро». 2014. 260 с.
2. Кондусова В.Б. Исследование модели конструирования стоимости как инструмента управления жизненным циклом изделия // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2018. № 4. С. 65–68.
3. Федорович В.А., Бочкарев О.И., Муравник В.Б. США: военная экономика (организация и управление). Под общ. ред. П.С. Золоторева и Е. А. Роговского. М.: Междунар. Отношения. 2013. 616 с.
4. Kuznetsova V.B., Sergeev A.I., Serdyuk A.I., Kondusov D.V. Automation of Integrated Logistical Product Support // Russian Engineering Research. 2017. Vol. 37. № 1. P. 57–59.
5. Кондусова В.Б., Кондусов Д.В. Разработка имитационной модели жизненного цикла сложных изделий машиностроения с длительным сроком эксплуатации на основе применения контракта жизненного цикла // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2019. № 2. С. 30–34.

**Кондусова Валентина Борисовна** — канд. эконом. наук, докторант,  
**Кондусов Дмитрий Викторович** — аспирант, **Сергеев Александр Иванович** — д-р. техн. наук, доцент,  
профессор кафедры систем автоматизации производства **Оренбургского государственного университета**,  
**Сердюк Анатолий Иванович** — д-р техн. наук, директор аэрокосмического института  
**Оренбургского государственного университета**.  
Контактный телефон +7 (961) 911-41-57.  
E-mail: valyosha@list.ru