

УДК 005.83:62

**В.А. ЗАЛОГА**, д-р техн. наук, **В.М. НАГОРНЫЙ**, канд. техн. наук,  
**К.А. ДЯДЮРА**, канд. техн. наук, Сумы, Украина

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

Виконаний аналіз сучасних підходів прийняття техніко-економічних рішень при виготовленні продукції виробничо-технічного призначення. Запропонований методологічний підхід по формуванню управлінських рішень у складних виробничих системах, який може бути застосований для різних виробів машинобудування. Приведені моделі оцінки якості процесів, які орієнтовані на продукт, що дозволяє швидко і ефективно проектувати і виготовляти конкурентоспроможні вироби.

Выполнен анализ современных подходов принятия технико-экономических решений при изготовлении продукции производственно-технического назначения. Предложен методологический подход по формированию управленческих решений в сложных производственных системах, который обеспечивает его применение для различных изделий машиностроения. Приведены модели оценки качества процессов, которые ориентированы на продукт, что позволяет быстро и эффективно проектировать и изготавливать конкурентоспособные изделия.

*V.A. ZALOGA, V.M. NAGORNYJ, K.A. DJADJURA*

*MODELLING OF SYSTEM OF DECISION-MAKING SUPPORT AT MAINTENANCE OF  
MACHINE-BUILDING PRODUCTION COMPETITIVENESS AT STAGES OF ITS LIFE  
CYCLE*

The executed analysis of modern approaches of acceptance of decisions is at making of production of the setting. Methodological approach is offered on forming of administrative decisions in the difficult production systems, which can be for the different wares of engineer. The resulted models of estimation are qualities of processes, which are oriented to the product, that allows quickly and effectively to design and make competitive wares.

*Постановка проблеми.* Перспективы экономического развития любого государства зависят от эффективной организации процессов управления при создании конкурентоспособной продукции, а также задействованных материальных, энергетических и информационных ресурсов. Динамика пространственно-временных отношений между ними способствует процессу эволюции общества и определяет международное сотрудничество, привлекая иностранные инвестиции. Это дает возможность аккумулиро-

вать финансовые ресурсы в рамках национальных проектов. Появление новых знаний в науке и технике создает соответствующие условия и механизмы, стимулирующие внедрение результатов инновационной деятельности в хозяйственную практику. Во многом это определяется развитием высокотехнологичных отраслей промышленности, которые имеют большие перспективы в будущем, но одновременно и высокую степень ответственности перед экономикой.

В настоящее время, к сожалению, по ряду объективных и субъективных причин значительная часть отечественных промышленных товаров не отвечает современному уровню научных достижений и технологическим возможностям, что предопределяет их неконкурентоспособность, как на внешнем, так и на внутреннем рынке в условиях вхождения в ВТО. Одной из главных причин является слабая интеграция большинства наукоемких украинских машиностроительных предприятий в мировую экономику. В результате они не могут на высоком уровне развивать систему разработки и постановки конкурентоспособной продукции на производство, оперативно внедрять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в практику, а также эффективно использовать современные технологические достижения в мировой и отечественной практике.

Опыт современных высокотехнологичных отраслей промышленности показывает, что производственная деятельность представляет собой сложную иерархическую структуру, которая имеет многоуровневый и многоаспектный характер и определяется системой взаимосвязанных целевых показателей [1]. Управление процессами такой структуры практически невозможно без использования специализированной информационной системы поддержки принятия решений [2], располагающей банком информации о затрачиваемых ресурсах и достигнутых результатах. Вместе с тем, интегрированная информационная среда позволяет осуществлять процедуры унифицированного представления, хранения, структурирования и обмена данными о процессе деятельности; стандартизированного, селективного и регламентируемого доступа к этим данным; их организованного сопровождения и формирования на этой основе управленческих решений.

*Анализ последних исследований и публикаций.* Определяющим фактором успешной деятельности любого предприятия при создании конкурентоспособного изделия является эффективно действующая на нем система управления. Международные стандарты серии ISO 9000 позволяют внедрять на отечественных предприятиях систему управления, основанную на передовом международном опыте. Использование принципов и требований данных стандартов на машиностроительных предприятиях способствует поддержанию их конкурентоспособности и позволяет наладить выпуск продукции требуемого качества на экономически обоснованном уровне.

Вместе с тем, расширение масштабов и усложнение взаимосвязей технических, социальных и экономических систем на стадиях жизненного цикла изделия (ЖЦИ) формирует специфические требования конечных потребителей к качеству продукции производственно-технического назначения (ППТН). В современных условиях рыночных отношений на первый план выходят такие вопросы: полное удовлетворение потребностей потребителя продукции в пределах всех этапов ее жизненного цикла, гарантия безопасности и надежности ППТН, предоставление услуг сервиса, которые соответствуют современным мировым аналогам по показателям качества, срокам и цене. С одной стороны высокий уровень эксплуатации ППТН снижает производственные расходы при выпуске конечной продукции, но с другой стороны требует дополнительных финансовых затрат (оплата дополнительного оборудования, программного обеспечения, материалов, работ и т.п.) для повышения качества на соответствующих этапах ЖЦИ. В реальной практике эти затраты могут существенно отличаться как по объему, так и по срокам, что связано с формированием противоположных решений производителей и потребителей при реализации процессов ЖЦИ. Поэтому улучшение качества ППТН в условиях неопределенности изменения внутренней и внешней среды предприятий требует учета большого числа трудно прогнозируемых, имеющих совершенно разную природу факторов.

При этом цена продукции, как и качество, является главной рыночной характеристикой, которая определяет конкурентоспособность и успешность ее сбыта, в т.ч. и величину прибыли. Этот параметр является одним из важнейших показателей, которые входят в состав наиболее общего критерия эффективности функционирования производственных систем – производительности. Производительность в работе [3] рассматривают как отношение объема продукции, произведенного данной системой за определенный период времени, к количеству ресурсов, потребляемых для создания или производства этой продукции за тот же период.

В связи с этим при модернизации и развитии отечественного машиностроения возникает необходимость системного подхода к снижению непроизводственных затрат, рациональному использованию исходных ресурсов (материальных, энергетических, информационных), внедрению новых технологий и оборудования, увеличивающих объем производимой продукции в единицу времени.

Показателем эффективности совместного функционирования процессов проектирования, изготовления и эксплуатации машиностроительной продукции производственно-технического назначения может быть следующее условие

$$C_{\text{ФПС}} \tau = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{\mu} C_{ij} \tau = K_{\text{ФПС}_j} \tau \rightarrow \min \tau ; \quad (1)$$

$$C_{ij} \tau = C_{ij} \Phi\Pi_{\text{КТС}} + C_{ij} \Phi\Pi_{\text{ПО}} + C_{ij}(\Phi\Pi_{\text{ОП}}),$$

где  $C_{\text{ФПС}} \tau$  - суммарная стоимость затрат всех функциональных подсистем (ФПС) [4, 5] на всех стадиях ЖЦИ в момент времени  $\tau$ ,  $C_{ij} \tau$  - расходы на функциональную подсистему  $i$ -го вида, участвующую в выполнении  $j$ -ой функции в единицу времени  $\tau$ ,  $C_{ij} \Phi\Pi_{\text{КТС}}$ ,  $C_{ij} \Phi\Pi_{\text{ПО}}$ ,  $C_{ij} \Phi\Pi_{\text{ОП}}$  - расходы на группы функциональных подсистем соответственно комплекса технических средств ( $\Phi\Pi_{\text{КТС}}$ ), программного обеспечения ( $\Phi\Pi_{\text{ПО}}$ ) и оперативного персонала ( $\Phi\Pi_{\text{ОП}}$ )  $i$ -го вида участвующих в реализации  $j$ -ой функции;  $\mu$  – количество средств на функционирование подсистем  $i$ -го вида, находящихся на одном иерархическом уровне и необходимых для выполнения  $j$ -ой функции за время  $\tau$ ,  $N$  – число иерархических уровней;  $K_{\text{ФПС}_j} \tau$  – оптимизационный функционал минимизирующей затраты ( $\min$  ( $\tau$ )) в момент времени  $\tau$ .

В современных условиях показатель  $C_{\text{ФПС}} \tau$  из «справочного» параметра, предназначенного для определения необходимых будущих затрат ресурсов на этапах ЖЦИ превращается в один из основных, которые определяют конкурентоспособность продукции, возможные сегменты рынков сбыта, особенности реализации и обеспечения эксплуатации.

Процесс создания стоимости  $C_{\text{ФПС}} \tau$  протекает поэтапно, как на самом предприятии-изготовителе, так и на предприятиях – субпоставщиках и является функцией времени  $\tau$ . Первый этап – проектный состоит из следующих четырех основных стадий:

- разработка технического задания (ТЗ);
- разработка технических предложений (ТП) - оптимизируются и выбираются важнейшие параметры изделия, которые должны обеспечить требования ТЗ;
- эскизное проектирование (ЭП), когда сформированные на предыдущей стадии параметры изделия уточняются и приобретают материальную форму;
- рабочее проектирование (РП) – происходит оформление ранее полученных расчетно-визуальных моделей и образцов в техническую документацию (бумажную или цифровую).

Эти данные, наряду с директивными технологическими материалами, разрабатываемыми на стадии выпуска рабочей конструкторской документации, являются основными для разработки технологических процессов [6].

От того, насколько корректно может быть спрогнозирована и выполнена оценка стоимости будущего изделия и затраты предприятия на его изготовление при установленном (необходимом) качестве (требованиях ТЗ) [7] на ранних стадиях проектирования, во многом будет зависеть ценность продукции для потребителя. Под ценностью понимается, прежде всего, суммарная добавленная стоимость, которая может быть достигнута с этим продуктом на протяжении его жизненного цикла с точки зрения кругооборота в экономике [8].

В настоящее время научно-обоснованные экономико-математические модели для оценки стоимости изделия на самых первых проектных этапах разрабатываются на базе статистической обработки информации из отчетности предприятий, экспертных и иных типах данных о технологии и протекании производственных процессов в прошлом и будущем. В ряде случаев, для предварительного определения будущих затрат на создание продукции предприятия используют метод сопоставления с затратами аналогичного предприятия, сформированными при производстве ближайшего прототипа. При этом алгоритм практической реализации метода однозначно не определен и зависит от целей предприятия, исходных данных и особенностей выпускаемой продукции. Понятно, что в нынешних динамически изменяющихся рыночных условиях организационный и производственный потенциалы предприятий одной отрасли в определенные моменты времени будут разными. Для отечественных машиностроительных предприятий типичной является ситуация, когда 80 и более процентов технологического оборудования имеют «возраст» более 20 лет, а станки с ЧПУ составляют не более 10-15 процентов от общего числа. Кроме того, различна профессиональная структура персонала, количество рабочих, количество оборудования и цехов, включая их территориальную привязку. Использование современных информационных систем и программного обеспечения способствует сокращению времени и затрат при создании нового изделия или модернизации уже существующего.

Поэтому расчеты, выполняемые по статистическим моделям, вряд ли могут быть признаны корректными и, в этой связи, пригодными для практического использования в современных условиях. Из этого следует, что производство дорогостоящей наукоемкой ППТН сегодня требует создания новых алгоритмов, расчетных моделей, методик и пакетов прикладных программ для принятия оптимальных вариантов решений на самых первых этапах ЖЦИ.

*Целью данной работы* является разработка модели и алгоритма принятия эффективных конструкторско-технологических решений на этапе проектирования при выборе оптимального варианта конструкции ППТН и

организации процесса разработки при экономически обоснованном применении ресурсов.

*Основной материал исследований.* Оценка эффективности проекта создания ППТН в работе осуществлялась на основе данных о фактических затратах временных и материальных ресурсов на этапах ЖЦИ.

На *первом этапе* (разработка ТЗ) в результате маркетинговых исследований области использования ППТН, пожеланий заказчиков, требований рынка и деятельности конкурентов выделяют управляемые параметры (рисунок 1):

- $T_{ТР}$  – фактор времени, учитывающий длительность выполнения заказа;
- $C_{ФПС_{ТР}}$  – стоимость ППТН – цена покупки (величина всех затрат, производимых на этапах ЖЦИ), которую может себе позволить заказчик (эксплуатант);
- $X_{ФПС_{ТР}}$  – характеристики ППТН предусмотренные ТЗ.

Эффективность управления определяется принятым диапазоном варьирования параметров.



Рисунок 1 – Формирование требуемых параметров проекта (заказа) изделия

На *втором этапе* (разработка ТП) максимально точно оценивается возможность удовлетворения запросов заказчиков с учетом необходимого количества изделий, темпов выпуска, рыночной цены, предложений кооперирующих организаций (поставщиков основных систем, агрегатов и материалов). При этом рассчитываются объемы необходимых инвестиций и сроки их поступления, определяются и утверждаются проекты лимитной расчетной полной себестоимости изделия и партии.

Определяются плановые параметры возможной реализации ( $T_{пл}$ ,  $C_{ФПС_{Пл}}$ ,  $X_{ФПС_{Пл}}$ ) проекта ППТН (рисунок 2), связанные целевой функцией

$$\bar{X} = \frac{\bar{Q}}{C \cdot T}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}$  – плановая характеристика проекта ППТН в безразмерном виде;  $\bar{Q}$  – общая оценка качества, учитывающая соответствие изделия требованиям потребителя;  $\bar{C}_{ФПС}$  – оценка стоимости проекта;  $\bar{T}$  – оценка выполнения проекта по времени.

При разработке изделия определяются проектные его характеристики  $X_{ФПС_{пр}}$ , которые образуют те же группы, что и компоненты вектора  $X_{ФПС_{тр}}$  технических требований. На этом этапе в общих чертах определяют конструкцию проектируемого изделия. Чаще всего исходными данными являются технические результаты предыдущих исследований, идеи, решения и конструкции прототипов. Управление качеством ППТН на стадии разработки состоит в установлении соответствия между требованиями и проектными значениями изделия в целом, а также в оперативном устранении возникающих отклонений

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^N a_i q_i, \quad (3)$$

где  $q_i = \left( \frac{X_{ФПС_{пл\ i}}}{X_{ФПС_{тр\ i}}} \right)^{k_i}$  – относительная удовлетворенность потребителя  $i$ -ым свойством изделия;  $k_i=1$  принимается для свойства, возрастание которого приводит к увеличению удовлетворенности потребителя;  $k_i=(-1)$  принимается для свойства, возрастание которого приводит к уменьшению удовлетворенности потребителя;  $a_i$  – весовой коэффициент, учитывающий значимость для потребителя  $i$ -ого свойства изделия.

Планируемое время выполнения проекта создания изделия  $T_{пл}$  соответствует общему сроку от выдачи заказа до доставки изделия заказчику/заказчикам. Оно является суммой времени на подготовку и организацию, оснащение и производство, испытание, транспортировку и хранение, а также дополнительного времени, например, на упаковку, маркировку и т.д.



Рисунок 2 – Схема формирования плановых параметров управления проектом

Норматив трудоемкости на проектирование изделия (термин соответствует его значению согласно ГОСТ 2.101) может быть рассчитан по формуле [9, 10, 11]:

$$T_0 = \sum T_i K_1 K_2 \dots K_n, \quad (4)$$

где  $T_i$  – норматив трудоемкости определенной стадии или этапа проектирования, час;  $K_1, K_2, K_n$  – поправочные коэффициенты к нормативу трудоемкости.

Укрупненные нормативы, как правило, определяются для всех стадий проектирования изделий, предусмотренных стандартами ЕСКД (ДСТУ 3943, ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.103, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.118, ГОСТ 2.119, ГОСТ 2.120, ГОСТ 2.301).

Основными факторами, принятыми при определении трудоемкости системы разработки и постановки продукции на производство, является новизна и сложность как самого изделия, так и разрабатываемой конструкторской документации. Степень влияния других факторов на величину трудоемкости, как правило, учитывается поправочными коэффициентами.

Результатом функциональной подсистемы проектирования ( $\Phi ПС_{ПР}$ )  $j$ -го изделия является производственная функция  $F_j$ , которая показывает возможности выбранного варианта  $\Phi ПС_{ПРj}$  по конструкторско-технологическому обеспечению и пропорциональна имеющемуся запасу разработок и реализаций  $I_j t_k$ , нормативу трудоемкости на проектирование изделия  $T_0$ , расходам на единицу средства  $i$ -го вида, которые участвуют в выполнении  $j$ -ой функции в единицу времени  $\tau$ , соответственно,  $C_j \Phi П_{КТС}$ ,  $C_j \Phi П_{ПО}$  и  $C_j \Phi П_{ОП}$ :

$$F_j = f I_j t_k, T_{0j}, C_j(\Phi П_{КТС}), C_j \Phi П_{ПО}, C_j \Phi П_{ОП}. \quad (5)$$

Для типов средств, находящихся в стадии разработок  $I_j t_k$  НИР и/или ОКР, оценка затрат определяется как сумма средств, необходимых для ускоренного проведения работ: патентный поиск, приобретение лицензий, спецоборудования, сертификации изделия и т.д.

Производственные функции  $G$  и  $Q$  [12] обеспечивают управление изделием соответственно с точки зрения изготовления и эксплуатации. Средства функциональных подсистем  $\Phi ПС_j$ , которые включают множество типов элементов ( $\Phi П_{КТС}$ ,  $\Phi П_{ПО}$ ,  $\Phi П_{ОП}$ ), позволяют управлять данными параметрами.

Объемным показателем стоимости комплекса технических средств  $C_{ij} \Phi П_{КТС}$  (кроме малоценных и быстроизнашивающихся) является:

$$C_j(\Phi\Pi_{\text{КТС}}) = C_{\text{КТС}_j} + Z_{\text{м.ф}_j} \quad (6)$$

где  $C_{\text{КТС}_j}$  – среднегодовая балансовая стоимость комплекса технических средств (КТС);  $Z_{\text{м.ф}_j}$  – затраты на модернизацию.

Балансовую стоимость КТС можно определить по формуле:

$$C_{\text{КТС}_j} = \sum_{i=1}^n \Pi_{\text{КТС}_i} \cdot N_{\text{КТС}_i} \quad (7)$$

где  $n$  – количество видов технических средств;  $\Pi_{\text{КТС}_i}$  – цена единицы  $i$ -го технического средства;  $N_{\text{КТС}_i}$  – количество единиц технических средств.

Затраты на оперативный персонал  $C_j \Phi\Pi_{\text{ОП}}$  представляют собой сумму

$$C_j(\Phi\Pi_{\text{ОП}}) = \Phi_{\text{З.П}_j} + \Phi_{\text{М.П}_j} + Z_{0j} + Z_{\text{П.П}_j} + Z_{\text{П.К}_j}, \quad (8)$$

где  $\Phi_{\text{З.П}_j}$  – фонд заработной платы персонала предприятия;  $\Phi_{\text{М.П}_j}$  – фонд материального поощрения;  $Z_{0j}$  – затраты на обучение персонала;  $Z_{\text{П.П}_j}$  – расходы на переподготовку персонала;  $Z_{\text{П.К}_j}$  – затраты на повышение квалификации персонала.

Стоимость программного обеспечения  $C_j \Phi\Pi_{\text{ПО}}$  можно представить в виде функции

$$C_j \Phi\Pi_{\text{ПО}} = C_{\text{С.О}_j} + C_{\text{П.П}_j} + C_{\text{Б.Д}_j} + C_{\text{В.С}_j} \quad (9)$$

где  $C_{\text{С.О}_j}$  – стоимость системного обеспечения;  $C_{\text{П.П}_j}$  – стоимость прикладных программ;  $C_{\text{Б.Д}_j}$  – стоимость системы управления данными об изделии (PDM);  $C_{\text{В.С}_j}$  – стоимость внешних информационных ресурсов, в т.ч. и Internet ресурсов.

На следующем, *третьем этапе* (ЭП) осуществляется разработка самого изделия: определяются габаритные размеры конструкции в целом, выбирается конструкционный материал, устанавливаются производственные и иные ограничения. Проектные решения, принимаемые на этой стадии, в основном и определяют себестоимость будущего изделия.

На *четвертой проектной стадии* ЖЦИ (РП) осуществляют детализацию изделия, выполняют расчеты конструктивных элементов и блоков, а также всего изделия и оформляют его в технических чертежах и спецификациях. На этой стадии определяют процессы изготовления, осуществляют планирование работ и подготовку производства происходит планирование времени разработки и изготовления самого изделия, а также доставки его потребителю, в форме графиков работ.

Очевидно, что здесь приведены не все процедуры предшествующие разработке изделия на ранних этапах ЖЦИ, но и этих данных достаточно,

чтобы констатировать – управление параметрами стоимости, времени и качества в процессе проектирования и комплектации становится решающим фактором обеспечения конкурентоспособности ППТН.

Как уже отмечалось, под воздействием внутренних и внешних возмущающих факторов может происходить отклонение управляемых параметров проекта от нормативных значений на каждом этапе ЖЦИ, что будет сопровождаться соответствующим изменением фактической характеристики проекта (рисунок 3).

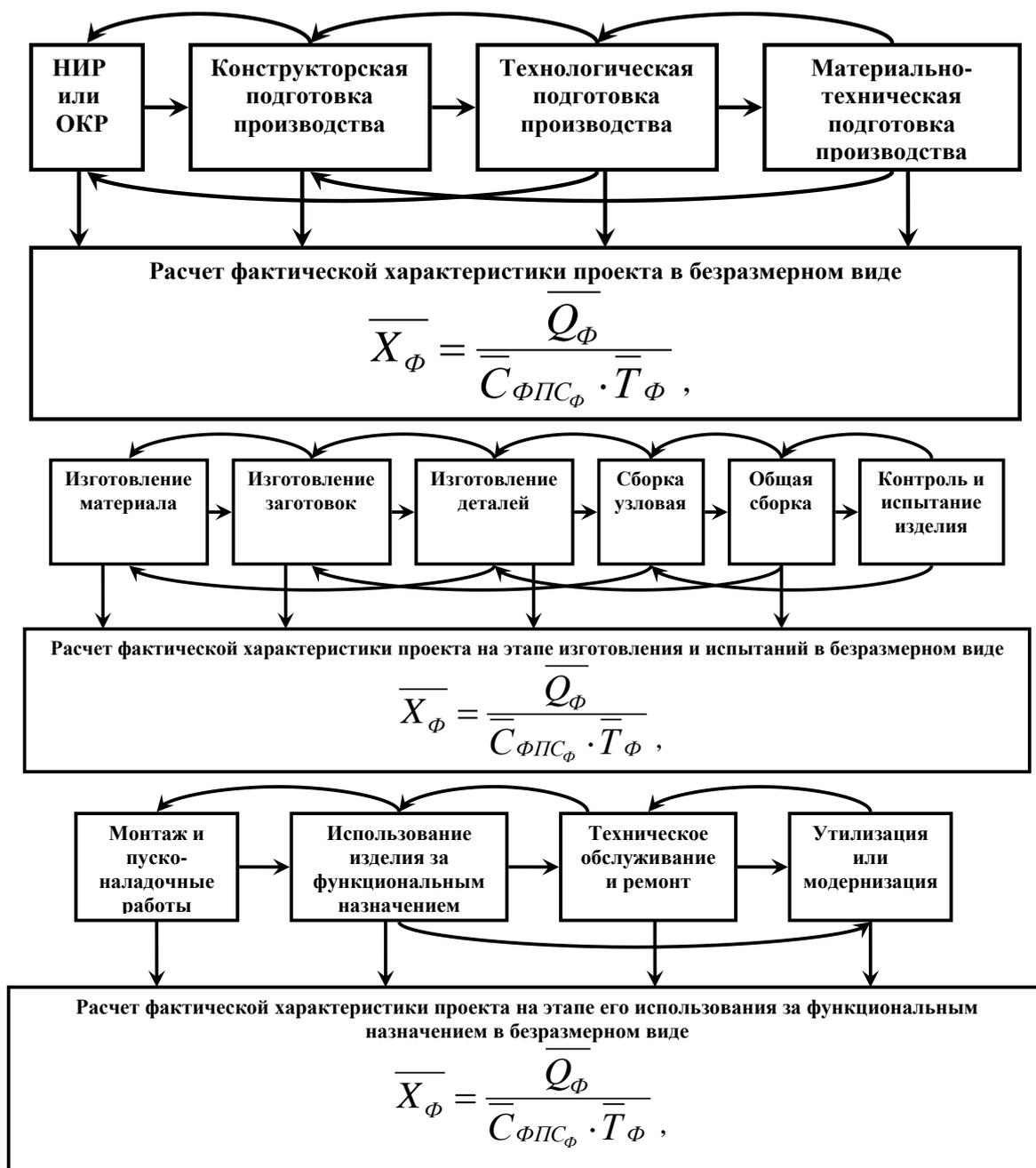


Рисунок 3 – Схема формирования фактических параметров проекта на этапе ЖЦИ

Управление проектом изделия может осуществляться путем минимизации следующего функционала:

$$U = \sum \left[ \left( 1 - \frac{\bar{Q}}{\bar{C}_{\text{ФПС}} \cdot \bar{T}} \right)^2 + 1 - D^2 \right], \quad (10)$$

где  $D$  – функция Харрингтона (функция желательности) [13], которую можно определить с помощью выражения

$$D = \sqrt{\exp(-\exp(-\bar{T})) \cdot \exp(-\exp(-\bar{C}_{\text{ФПС}}))}. \quad (11)$$

При этом расчеты можно производить двумя методами:

- 1) путем варьирования времени реализации проекта на этапах ЖЦИ определять его стоимость;
- 2) путем варьирования стоимости проекта определять временные затраты на него.

Получаемые при этом параметры остаются безразмерными. Для получения размерных величин их следует умножить, соответственно, на фактические затраты времени и стоимости на разработку и производство соответствующего прототипа.

В качестве примера использования приведенных зависимостей, рассмотрим эффективность текущего проекта на основе данных о фактических затратах временных и материальных ресурсов, имевших место при разработке и производстве прототипа. Соотношением между плановыми и фактически реализованными значениями материальных и временных ресурсов было принято следующим:

- плановая стоимость разработки прототипа  $C_{\text{ФПС}_{\text{пл}}}=5$  тыс. грн;
- фактически реализованная стоимость разработки прототипа  $C_{\text{ФПС}_{\text{ф}}}=10$  тыс. грн;
- плановая длительность разработки прототипа  $T_{\text{пл}}=100$  часов;
- фактически реализованная длительность разработки прототипа  $T_{\text{ф}}=200$  часов.

Отношение нижней границы прогнозируемой длительности текущей разработки к длительности разработки прототипа  $T_{\text{н}}=1,3$ .

Отношение верхней границы прогнозируемой длительности текущей разработки к длительности разработки прототипа  $T_{\text{в}}=2,5$ .

Отношение нижней границы прогнозируемой стоимости текущей разработки к стоимости разработки прототипа  $C_{\text{ФПС}_{\text{н}}}=1,3$ .

Отношение верхней границы прогнозируемой стоимости текущей разработки к стоимости разработки прототипа  $C_{\text{ФПС}_{\text{в}}}=2,5$ .

**Метод 1.** При варьировании длительности разработки использовалась следующая экспоненциальная зависимость стоимости разработки от ее длительности

$$C_{\Phi PC} = C_{\Phi PC0} \cdot e^{g \cdot (T_i - T_0)} \quad (12)$$

или в безразмерном виде

$$\bar{C}_{\Phi PC} = e^{\ln C_{\Phi PCe} / C_{\Phi PC0} / (1 - T_0 / T_e) \cdot \bar{T}_i - 1}, \quad (13)$$

где  $C_{\Phi PC0} = C_{\Phi PCnl}$ ;  $g$  - параметр, характеризующий качество управления проектами в данной организации.

Расчет показал, что при превышении длительности разработки текущего проекта на треть длительности разработки прототипа ( $\bar{T} = 1,3$ ), фактическая стоимость превысит стоимость разработки и производства прототипа в шесть раз ( $\bar{C}_{\Phi PC} = 6,034$ ). При этом согласно выражению (7) получено значение функции желательности  $D = 0,87$ , что определяет проект как *отличный*.

При линейной зависимости стоимости разработки от ее длительности Расчет производился по следующей формуле

$$C_{\Phi PC} = C_{\Phi PC0} + \frac{C_{\Phi PCe} - C_{\Phi PC0}}{T_e - T_{Пл}} \cdot T_i - T_{Пл} \quad (14)$$

или в безразмерном виде

$$dC_{\Phi PC} = \frac{C_{\Phi PCe} - C_{\Phi PC0} \cdot T_i - 1}{\left(1 - \frac{T_{Пл}}{T_e}\right)}. \quad (15)$$

Расчет показал, что при превышении длительностью разработки на треть ( $\bar{T} = 1,3$ ), стоимость увеличивается на 57% ( $\bar{C}_{\Phi PC} = 1,57$ ), а функция желательности  $D = 0,786$  определяет проект как *хороший*.

**Метод 2.** При варьировании стоимости можно использовать следующую безразмерную зависимость длительности от стоимости, полученную на основе формулы (13) путем ее решения относительно безразмерного времени  $t$

$$\bar{T} = 1 + \frac{\ln \bar{C}_{\Phi PC}}{\ln \left( \frac{C_{\Phi PCe}}{C_{\Phi PC0}} \right)}. \quad (16)$$

Расчет показал, что при превышении стоимости текущей разработки на треть стоимости разработки прототипа ( $\bar{C}_{\Phi PC} = 1,3$ ), длительность раз-

работки увеличится на 4%, а функция желательности  $D=0,73$  дает возможность оценить проект как *хороший*.

При варьировании стоимости можно использовать также и безразмерную зависимость, полученную из формулы (15) путем ее решения относительно безразмерного времени  $\bar{T}$

$$T = 1 + \frac{dC_{\text{ФПС}}}{C_{\text{ФПС}e} - C_{\text{ФПС}0} \cdot \left(1 - \frac{T_{\text{Пл}}}{T_e}\right)} \quad (17)$$

Расчет показал, что при превышении стоимости разработки прототипа на треть ( $\bar{C}_{\text{ФПС}}=1,3$ ), длительность разработки возрастет на 16% ( $\bar{T}=1,16$ ), а функция желательности ( $D=0,746$ ) определяет проект как *хороший*.

Таким образом, в данном случае анализ полученных результатов расчетов управляемых параметров проекта можно сделать выводы, что:

- при варьировании длительности разработки, увеличение ее на треть, приводит в зависимости от вида принятой функции между управляемыми параметрами к изменению стоимости и функции желательности в следующих пределах:  $\bar{C}_{\text{ФПС}}=6,03...1,57$ ,  $D=0,872...0,786$ ;

- при варьировании стоимостью разработки, увеличение ее на треть, приводит к изменению длительности разработки по отношению к длительности разработки прототипа в следующих пределах:  $\bar{T}=1,04...1,16$  ( $D=0,732...0,786$ ).

Как видим, вид функциональной зависимости между управляемыми проектами заметно сказывается на их прогнозной величине. Если использовать показательную функцию вида

$$C_{\text{ФПС}} = C_{\text{ФПС}0} + \alpha T - T_0^\beta, \quad (18)$$

то можно получить усредненные оценки стоимостных и временных характеристик проекта. Следует учитывать то, что для получения достоверных оценок искомых значений стоимости и длительности текущей разработки, параметры  $\alpha$  и  $\beta$  следует определять на относительно большем количестве прототипов.

В настоящее время все возрастающее значение получает прогноз поведения изделия во время эксплуатации и, особенно, в неопределенных условиях его применения. Любая задержка в проектировании, изготовлении и доставке продукции не только вызывает риск невыполнения контракта в целом, но также связывает капитал предприятия на:

- материал в обороте;

- незавершенную продукцию;
- нерациональные затраты на оборудование, например, станки, и персонал.

При этом, если рассматривать задачу управления как обеспечение существенного повышения конструкторско-технологического обеспечения, то наибольший приоритет необходимо придать функции  $F$ , которая позволяет управлять изделием как объектом совершенствования.

**Выводы.** Предложенный методологический подход по формированию управленческих решений в сложных производственных системах носит достаточно общий характер, обеспечивая его применение для различных изделий машиностроения. Анализ процессов на этапах полного ЖЦИ позволяет находить способы рационального проектирования, изготовления и эксплуатации. Разработанный алгоритм поддержки принятия решений может быть полностью интегрирован с системой менеджмента качества организации. Использование приведенного подхода позволяет описать объект управления в виде иерархической системы, а процессы деятельности декомпозировать до уровня операции и действий каждого элемента такой системы. В дальнейшем предполагается рассмотрение и применение разработанной методологии для решения оптимизационных экономических задач и расчета показателей эффективности управления тем или иным машиностроительным проектом.

**Список использованных источников:** 1. Буряк Ю.И. Управление в многообъектных организационных схемах. II. Принципы реализации информационной поддержки управленческих решений / Ю.И. Буряк, В.В. Инсаров. - (Системный анализ и исследование операций) // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2006.- N 2. - С. 84-102. - Библиогр.: с. 102 (7 назв.). 2. Буряк Ю. И. Управление в многообъектных организационных системах. III: Параметрическая оптимизация в системе с несколькими целевыми функциями / Ю.И. Буряк, В.В. Инсаров. - (Системный анализ и исследование операций) // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2007. - N 5.- С. 89-99. - Библиогр.: с. 99 (10 назв.). 3. Синк Д.С. Управление производительностью: планирование, измерение и оценка, контроль и повышение: Пер. с англ. / Общ. ред. и вступ. ст. В.И. Данилова-Данильянова. – М.: Прогресс, 1989. – 528 с. 4. Залогова В.А. Функциональный подход к проектированию машиностроительного изделия / В.А. Залогова, К.А. Дядюра // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2010. – вип.5. – С. 18-31. 5. Залогова В.А. Функциональный подход к процессам изготовления машиностроительного изделия / В.А. Залогова, К.А. Дядюра // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – вып. 78 – С. 46 – 58. 6. Кривов Г.А. Стоимость – важнейший параметр проекта гражданского самолета и показатель его конкурентоспособности / Г.А. Кривов // Технологические системы. – Киев, 2009. – С. 22 – 36. 7. Бушуев С.Д. Креативные технологии управления проектами и программами / Бушуев С.Д., Бушуева Н.С., Бабаев И.А. и др. // Мнография. – д.т.н., проф., К.: «Саммит-Книга», 2010. – 768 с. 8. Весткемпер Э. Введение в организацию производства: Учеб. пособие / Э. Весткемпер, М.Декер, Л. Ендуби, А.И.

Грабченко, В.Л. Доброскок; пер. с нем.; под об ред. А.И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 376 с. **9.** Міжгалузеві норми часу на розроблення конструкторської документації // Міністерство праці України, Національний центр продуктивності. – Краматорськ, 2007. – 110 с. **10** Міжгалузеві нормативи трудомісткості проектування засобів технологічного оснащення // Міністерство праці України, Національний центр продуктивності. – Краматорськ, 1997. – 100 с. Міжгалузеві укрупнені норми часу на розроблення технологічної документації // Міністерство праці України, Національний центр продуктивності. – Краматорськ, 2005. – 132 с. **11.** *Залого В.А.* Синергетическая картина непрерывного перехода между режимами реализации машиностроительного изделия / *В.А. Залого, К.А. Дядюра, О.В. Ющенко* и др. // SaTCIP - Journal of Research and Development in Mechanical Industry (JRaDMI), Vol. 1, no. 1, pp. 77, 2009. **12.** *Harrington E.C.* The Desirability Function // Industrial Quality control. — 1965. — Vol. 21, N 10. — P. 494—498.

**Bibliography (transliterated):** 1. Burjak Ju.I. Upravlenie v mnogoob#ektnyh organizacionnyh shemah. II. Principy realizacii informacionnoj podderzhki upravlencheskih reshenij / Ju.I. Burjak, V.V. Insarov. - (Sistemnyj analiz i issledovanie operacij) // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. - 2006.- N 2. - S. 84-102. - Bibliogr.: c. 102 (7 nazv.). 2. Burjak Ju. I. Upravlenie v mnogoob#ektnyh organizacionnyh sistemah. III: Parametricheskaja optimizacija v sisteme s neskol'kimi celevymi funkcijami / Ju.I. Burjak, V.V. Insarov. - (Sistemnyj analiz i issledovanie operacij) // Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija. - 2007. - N 5.- S. 89-99 . - Bibliogr.: c. 99 (10 nazv.). 3. Sink D.S. Upravlenie proizvoditel'nost'ju: planirovanie, izmerenie i ocenka, kontrol' i povyshenie: Per. s ang. / Obw. red. i vstup. st. V.I. Danilova-Danil'janova. – M.: Progress, 1989. – 528 s. 4. Zaloga V.A. Funkcional'nyj podhod k proektirovaniju mashinostroitel'nogo izdelija / V.A. Zaloga, K.A. Djadjura // Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni: zb. nauk. prac'. – Harkiv: NTU „HPI”, 2010. – vip.5. – S. 18-31. 5. Zaloga V.A. Funkcional'nyj podhod k processam izgotovlenija mashinostroitel'nogo izdelija / V.A. Zaloga, K.A. Djadjura // Rezanje i instrument v tehnologicheskix sistemah: Mezhdunar. nauch.-tehn. sb. – Har'kov: NTU «HPI», 2010. – vyp. 78 – S. 46 – 58. 6. Krivov G.A. Stoimost' – vazhnejshij parametr proekta grazhdanskogo samoleta i pokazatel' ego konkurentosposobnosti / G.A. Krivov // Tehnologicheskie sistemy. – Kiev, 2009. – S. 22 – 36. 7. Bushuev S.D. Kreativnye tehnologii upravlenija proektami i programmami / Bushuev S.D., Bushueva N.S., Babaev I.A. i dr. // Mnografija. – d.t.n., prof., K.: «Sammit-Kniga», 2010. – 768 s. 8. Vestkemper Je. Vvedenie v organizaciju proizvodstva: Ucheb. posobie / Je. Vestkemper, M.Deker, L. Endoubi, A.I. Grabchenko, V.L. Dobroskok; per. s nem.; pod ob red. A.I. Grabchenko. – Har'kov: NTU «HPI», 2008. – 376 s. 9. Mizhgaluzevi normi chasu na rozroblennja konstruktors'koї dokumentacii // Ministerstvo pracі Ukraїni, Nacional'nij centr produktivnosti. – Kramators'k, 2007. – 110 s. 10 Mizhgaluzevi normativi trudomistkosti proektuvannja zasobiv tehnologichnogo osnawennja // Ministerstvo pracі Ukraїni, Nacional'nij centr produktivnosti. – Kramators'k, 1997. – 100 s. Mizhgaluzevi ukрупneni normi chasu na rozroblennja tehnologichnoї dokumentacii // Ministerstvo pracі Ukraїni, Nacional'nij centr produktivnosti. – Kramators'k, 2005. – 132 s. 11. Zaloga V.A. Sinergeticheskaja kartina nepreryvnogo perehoda mezhdur rezhimami realizacii mashinostroitel'nogo izdelija / V.A. Zaloga, K.A. Djadjura, O.V. Juwenko i dr. // SaTCIP - Journal of Research and Development in Mechanical Industry (JRaDMI), Vol. 1, no. 1, pp. 77, 2009. 12. Harrington E.C. The Desirability Function // Industrial Quality control. — 1965. — Vol. 21, N 10. — P. 494—498.