

# Интегрированный подход к проектированию, управленческому учету и инновационному развитию операционного цикла машиностроительного предприятия



**А. Н. Шичков,**  
д. т. н., д. э. н.,  
профессор,  
зав. кафедрой  
shichkov-an@yandex.ru



**Н. А. Кремлева,**  
к. э. н., доцент  
kremleva-n@yandex.ru



**А. А. Борисов,**  
к. э. н., доцент  
borisov\_84@mail.ru



**А. Н. Шичков-мл.,**  
магистрант  
sash-sh@yandex.ru

## Кафедра управления инновациями и организации производства, Вологодский государственный университет

Анализ процессов формирования и развития инженерного бизнеса в Англии, Франции, Германии и Италии с XVIII века показывает, что темпы их эволюции определялись непрерывным использованием идей от научных исследований. Последующие исследования индустрии этих стран российским ученым Н. Д. Кондратьевым показали, что рост производительности (руб./ч) и добавленной стоимости продуктов этих стран определяются совершенством моделей организации производства и технологиями, используемыми в операционной деятельности. Целью исследования является разработка математической модели, реализующей непрерывное мотивированное увеличение добавленной (инновационной) стоимости продукции на основе организации производства с рыночным укладом, управленческого учета и персонализированной инновационной деятельности. В разработке и формулировании интегрированной математической модели операционного цикла машиностроительного предприятия использован метод проектирования, эксплуатации и совершенствования идеальных, равновесных термодинамических циклов конверсии энергии (цикл С. Корно). В результате разработан операционный цикл конверсии производственного капитала в денежный капитал, состоящий из четырех процессов. Процессы формирования основных фондов производственного капитала и производство продукции реализуются при постоянной производительности, но с изменением энтропии. Процессы формирования технологических затрат и реализации продукции являются изоэнтропийными. Математическая модель позволяет проектировать параметры и процессы организации производства на основе трансферта технологических затрат и стоимости продукции по технологическим переделам на основе рыночного уклада. Каждый передел является зоной финансовой ответственности. Система управленческого учета реализует принцип равновесия параметров процессов и цикла в целом. Исследования сценариев показали, что для реализации принципа мотивации непрерывного роста инновационной добавленной рыночной стоимости продукции, необходимо операционный цикл разделить на базовый и персонализированный инновационный. В этом случае оплата труда инноваторов имеет четыре источника и является мотивацией непрерывного увеличения добавленной стоимости продукции. Последующие исследования посвящены машиностроительным комплексам, включающим проектирование и изготовление инновационной продукции.

**Ключевые слова:** операционный цикл конверсии производственного капитала в денежный капитал; базовый цикл конверсии; инновационный цикл конверсии; производительность и энтропия производственного капитала; производственно-технологическая система машиностроительного предприятия.

### Введение

Исследования процессов формирования, становления и развития инженерного бизнеса [1-3] в странах с развитой рыночной экономикой показали, что эта деятельность включает создание доходных идей в форме фундаментальных и прикладных научных исследований, получение патентов на продукцию и технологии, формирование межотраслевых, маркетинговых, транспортных и финансово-кредитных систем, освоение взаимодополняющих и взаимозаменяемых технологических операций, обеспечивающих требуе-

мую добавленную рыночную стоимость продуктов и услуг.

Российский ученый Н. Д. Кондратьев изучил динамику износа активов в субъектах хозяйственной деятельности стран с развитой рыночной экономикой с конца XVIII до начала XX столетия [4, 5]:

- в Соединенном Королевстве исследованы: цены; процент капитализации; заработная плата работников сельского хозяйства и текстильной промышленности; производство угля, железа и свинца;
- в Германии исследованы производство угля и стали;

в) в Соединенных Штатах Америки исследованы: цены; производство угля, железа и стали; число шпиндельных станков хлопковой промышленно-сти; число акров посева хлопка;

г) во Франции исследованы: цены; процент капитализации; внешняя торговля; потребление угля; площадь посадки овса; портфели Французских Банков; депозиты сберегательных банков; потребление хлопка, кофе и сахара.

Изученные им параметры изменяются по циклическим законам. Гармонический анализ позволил Н. Д. Кондратьеву сформулировать эффекты, возникающие в экономической среде этих государств:

1. Нестационарные процессы циклических изменений параметров становятся стационарными.
2. В интегрированном комплексе субъектов хозяйственной деятельности возникает синергетический эффект.
3. Бифуркации в экономическом укладе реализуются по законам больших волн конъюнктуры рынка (период 50-60 лет), средних волн (25-30 лет) и коротких волн (3-5 лет).
4. Математической моделью экономической среды является векторное поле денежных потоков, возникающие на основе конверсии производственного капитала в денежный капитал [1-3].

На рис. 1 представлена эпоха формирования активов инженерного бизнеса.

Модель описывает противоречие между трендом роста потребностей людей в увеличении производительности (линейная функция) и трендом роста производительности технологических систем [1-3] по экспоненциальной функции ограниченной асимптотой.

Бифуркации в форме прорывных (breakthrough) инноваций [6, 7] изменяет парадигму актива производственно-технологической системы. В результате рост производительности определяется двумя асимптотами, вектором потребления и предельной производительностью данного актива.

Первой бифуркацией в экономике Англии считают создание рабочей конструкции паровой машины английским механиком Джеймсом Уаттом в 1769 г. Этот патент позволил производить в промышленном масштабе паровые машины и дал толчок к развитию термодинамики воды и водяного пара, теории проектирования и эксплуатации паровых машин. Практически

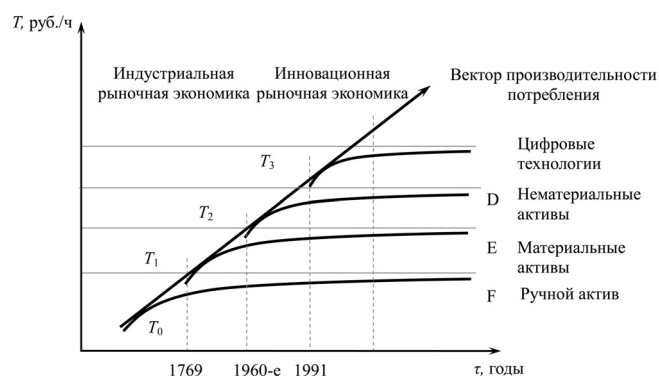


Рис. 1. Эволюция активов инженерного бизнеса

200 лет паровые поршневые машины являлись паросиловыми установками на транспортных и пассажирских судах. В 1960-х гг. не выдержали конкуренции с паровыми турбинами современные паровые машины. Хотя надежность их была выше паровых турбин. Патент на изобретение судовой паровой турбины в 1883 г. получил шведский инженер Г. Лаваль. Однако претворить в жизнь свое изобретение он не сумел. В этом отношении больше повезло англичанину Чарльзу Парсонсу. В 1897 г. он построил опытное судно «Турбиния» водоизмещением 44,5 т, на котором была паротурбинная энергетическая установка мощностью 2000 л. с.

Следующая бифуркация привела к переходу от индустриальной рыночной экономики к инновационной рыночной экономике. К материальным активам добавлены нематериальные активы.

В этом случае математической моделью является параметрическое уравнение, описывающее процессы обесценивания (рост энтропии) активов в процессе увеличения их производительности.

Использование параметра энтропия [8, 9] позволяет отражать фактически происходящие процессы технологического, функционального и экономического износа основных фондов производственно-технологической системы. Количественно износ оценивается годовым ресурсом срока полезного использования (ч/год). Этот ресурс должен быть равен годовому ресурсу рабочего времени. В этом случае режим работы операционного цикла конверсии будет равновесным.

На рис. 2 представлены процессы формирования, взамен изношенных, дополняющих активов, обеспечивающих рост производительности операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал.

В инновационной рыночной экономике производственные процессы и циклы следует рассматривать с позиции инструментов конверсии производственного капитала в денежный капитал, в форме произведенной и реализованной продукции. В качестве математической модели целесообразно использовать

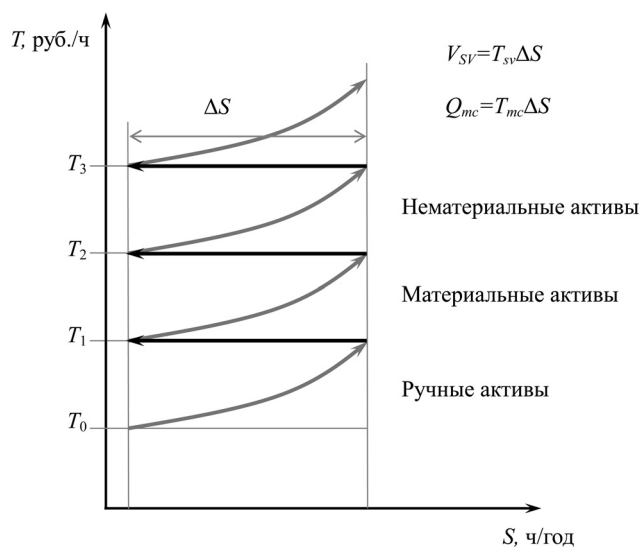


Рис. 2. Эволюция активов в координатах производительность T, руб./ч, и энтропия S, ч/год

параметрическое уравнение, описывающее процессы обесценивания (рост энтропии) активов в процессе увеличения их производительности.

### Основные концепции математической модели

Наши исследования показали, что инновационная деятельность в научных публикациях рассматривается как отдельная [10-13] и прикладная наука [14, 15]. В нашей статье мы рассматриваем инновационную деятельность как инструмент машиностроительного предприятия, обеспечивающий получение добавленной рыночной стоимости продуктов. Мерой эффективности инновационных проектов, направленных на освоение продуктовых и технологических инноваций является равенство затратной стоимости продукта его рыночной цене.

Поставлена задача разработать математическую модель операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал в форме произведенной и реализованной продукции. На первом этапе производственный капитал  $Q_{пк}$  производственно-технологической системы конвертируется (производится) в базовую продукцию, на втором этапе — продукция конвертируется (реализуется) с добавленной рыночной стоимостью в денежный капитал  $V_{бSV}$ . Математическая модель операционного цикла конверсии разделена на базовый цикл, формирующий конкурентоспособную стоимость  $V_{бSV}$  продукции и инновационный цикл, формирующий конкурентные преимущества, обеспечивающие получение рыночной добавленной стоимости.

### Система дифференциальных уравнений базового операционного цикла конверсии

Дифференциальное уравнение базового цикла конверсии формирования производственного капитала  $Q_{mc}$  (manufacturing capital):

$$dQ_{mc} = dU_{fa} + WdG = dU_{fa} + C_{tc}(W) dG, \quad (1)$$

где  $dQ_{mc}$  — процесс (дифференциал) формирования производственного капитала базового цикла конверсии состоит из процесса формирования основных средств  $dU_{fa}$  производственно-технологической системы и процесса формирования технологических затрат  $C_{tc}(W) dG$  при удельных затратах  $W$ , используемых в производственном процессе технологии.

Дифференциальное уравнение базового операционного цикла конверсии формирования денежного капитала в форме продукции  $V_{бSV}$  (Basic sales value) равно полному дифференциалу технологических затрат. Удельные затраты (units costs),  $W$  руб./шт. и объем производства  $G$ , шт./год — являются переменными величинами  $W = aG^2 + bG + c$ . Каждая производственно-технологическая система [1-3] имеет свои постоянные коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$ :

$$\begin{aligned} dV_{бSV} &= d(GW)_{бSV} = WdG + GdW = \\ &= C_{tc}(W) dG + D_0(G) dW, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $dV_{бSV}$  полный дифференциал двух переменных: удельных затрат  $W$ , руб./единицу продукции, и объема производства  $G$ , единиц продукции/год.

Полный дифференциал технологических затрат  $d(GW)$  в базовом цикле конверсии является суммой выражений, описывающих процесс формирования технологических затрат при постоянном объеме производства  $GdW$  и процесс формирования чистого дохода от продажи продукции  $WdG$ ;  $WdG = C_{tc}(W) dG$  — процесс производства продукции, где при постоянных удельных затратах  $W$  технологических затрат  $C_{tc}$  используемого технологического процесса производят  $dG$  продукцию;  $GdW = D_0(G) dW$  — процесс формирования чистого дохода  $D_0$  от реализации продукции, где при постоянном объеме произведенной  $G$  продукции, в зависимости от ее реализации формируются удельные затраты  $dW$ .

Преобразуем уравнения (1) и (2) в систему координат энтропия  $S$ , ч/год и производительность основных средств (fixed assets)  $T_{fa}$ , руб./ч. Умножим каждый член уравнения на множитель  $1/T_{fa}$ .

### Система дифференциальных уравнений базового операционного цикла конверсии в системе координат TS

Дифференциальное уравнение формирования энтропии  $dS_{mc}$  производственного капитала имеет вид:

$$dS_{mc} = \frac{dQ_{mc}}{T_{mc}} = \frac{dU_{fa}}{T_{fa}} + W \frac{dG}{T_{fa}} = d \left[ \frac{U_{fa}}{T_{fa}} \right] + d \left[ \frac{(WG)_{C_{tc}}^{fa}}{T_{fa}} \right].$$

Дифференциальное уравнение формирования энтропии  $dS_{SV}$  капитала в форме продукции в денежный капитал:

$$\begin{aligned} dS_{бSV} &= \frac{d(WG)_{бSV}}{T_{бSV}} = W \frac{dG}{T_{бSV}} + G \frac{dW}{T_{бSV}} = \\ &= d \left[ \frac{(WG)_{C_{tc}}^{бSV}}{T_{бSV}} \right] + d \left[ \frac{(GW)_{D_0}}{T_{бSV}} \right]. \end{aligned}$$

Свойство параметра энтропия:

$$\int dS_{mc} = 0 = \int d \left[ \frac{U_{fa}}{T_{fa}} \right] + \int d \left[ \frac{(WG)_{C_{tc}}^{fa}}{T_{fa}} \right] = \int dR_G + \int dR_0 = 0 + 0 = 0;$$

$$\begin{aligned} \int dS_{бSV} &= 0 = \int d \left[ \frac{(WG)_{C_{tc}}^{бSV}}{T_{бSV}} \right] + \int d \left[ \frac{(GW)_{D_0}}{T_{бSV}} \right] = \\ &= \int dR_0 + \int dR_0 = 0 + 0 = 0. \end{aligned}$$

Основное свойство параметра — равенство нулю в замкнутом операционном цикле, выполняется.

Процессы базового операционного цикла конверсии в координатах TS:

1. Формирование основных средств производственно-технологической системы:

$$dU_{fa} = T_{fa} dS.$$

Величина основных средств равна произведению производительности основных средств на годовой ресурс срока полезного использования производственно-технологической системы:

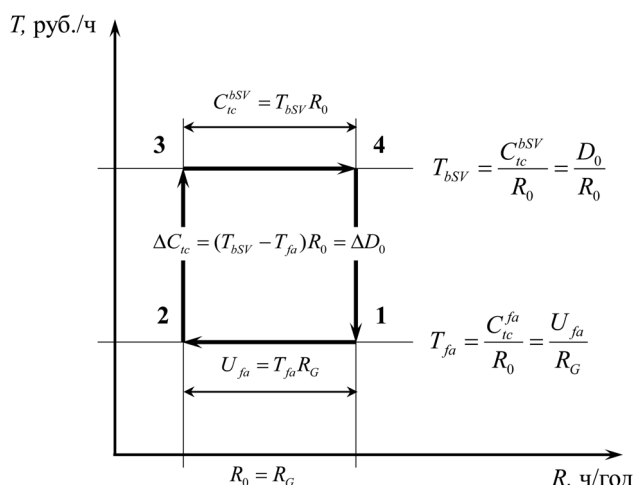


Рис. 3. Эпюра равновесного базового операционного цикла конверсии

$$U_{fa} = T_{fa} R_G.$$

- Формирование технологических затрат производственного капитала:

$$dC_{tc}^{fa} = T_{fa} dS.$$

Величина технологических затрат производственного капитала равна произведению производительности основных средств на годовой ресурс рабочего времени  $R_0$ , ч/год. При односменной работе 2000, двухсменной — 4000 и трехсменной работе — 6000 ч/год:

$$C_{tc}^{fa} = T_{fa} R_0.$$

- Процесс производства продукции:

$$dC_{tc}^{bsv} = T_{bsv} dS.$$

Результирующая стоимость произведенной базовой продукции равна произведению производительности производственного процесса на годовой ресурс рабочего времени:

$$C_{tc}^{bsv} = T_{bsv} R_0.$$

- Процесс продаж и формирование чистого дохода  $\Delta D_0$ :

$$\Delta C_{tc} = (T_{bsv} - T_{fa}) R_0 = \Delta D_0.$$

Производительность основных средств:

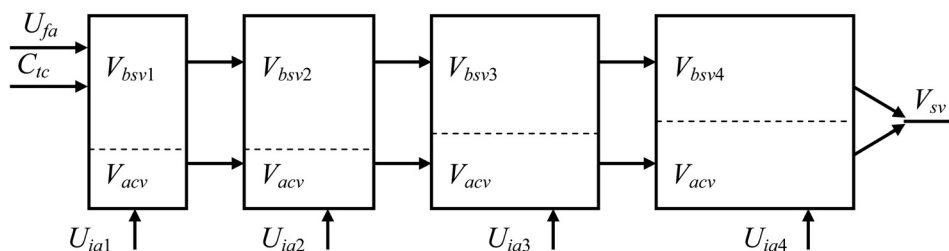


Рис. 4. Блок-схема организации производства на основе трансферта технологических переделов при рыночном укладе и накоплении базовой и добавленной стоимости операционных циклов конверсии производственного капитала в денежный капитал

$$U_{fa}/R_G = T_{fa},$$

$$T_{fa} = C_{tc}^{fa}/R_0 = U_{fa}/R_G.$$

Производительность производственного процесса:

$$T_{bsv} = C_{tc}^{bsv}/R_0 = \Delta D_0/R_0.$$

Для равновесного операционного базового цикла конверсии:

$$R_0 = R_G.$$

Эпюра базового равновесного операционного цикла конверсии имеет вид (рис. 3).

Базовый равновесный (сбалансированный) операционный цикл конверсии состоит из четырех процессов. Производственный капитал  $Q_{mc}$  состоит из двух процессов: процесса (1-2) формирования амортизируемых, налогооблагаемых основных средств  $U_{fa}$  производственно-технологической системы и процесса (2-3) формирования необходимых и достаточных для производства продукции технологические затраты  $C_{tc}$ . Опыт показал, что в управленческий учет вполне достаточно и информативно включить материальные, прочие операционные затраты и минимальную, согласно существующего законодательства, оплату труда с начислениями  $C_{lp}$ . Производственный процесс базовой продукции, формирует внутреннюю стоимость, равную технологическим затратам  $C_{tc}$ . Рыночная стоимость базовой продукции, должна обеспечить получение чистого базового дохода  $D_0$ . Поэтому стоимость изделия (3-4), полученная в базовом цикле конверсии, равна сумме технологическим затратам и (4-1) чистому доходу  $D_0$ .

Чистый доход включают средства необходимые для уплаты налогов, компенсации дивидендов собственникам бизнеса и амортизации (обесценивание) материальных активов основных средств.

Величина добавленной рыночной стоимости равна стоимости доходной идеи, положенной в основу инновационного проекта освоения продуктовой, технологической или организационной инновации, обеспечивающей добавленную рыночную стоимость продукции.

Согласно Положения об оплате труда, утвержденного Председателем Совета Директоров завода, персонал инновационного отдела формировал консолидированный фонд оплаты труда от доли 3% добав-

ленной стоимости, полученной от освоения инноваций. Средний уровень оплаты труда инноваторов отдела был значительно выше среднего уровня оплаты труда по заводу.

Инновационным параметром для предприятий машиностроения является непрерывный рост добавленной стоимости продукции в операционном цикле конверсии производственного капитала в денежный капитал.

Процесс производства должен быть организован на основе трансферта технологических затрат и потребительских свойств продукции по технологическим переделам, являющихся одновременно зонами финансовой ответственности

Каждая зона финансовой ответственности на основе своей добавленной стоимости формирует консолидированный фонд оплаты труда, операционную прибыль и нематериальные активы.

На рис. 4 представлена блок-схема организации производства путем четырех переделов, являющихся зонами финансовой ответственности.

Балансовые уравнения трансферта базового цикла и цикла добавленной стоимости имеют вид:

$$\begin{aligned} V_{bSV1} &\rightarrow V_{bSV1} + V_{bSV2} \rightarrow V_{bSV1} + V_{bSV2} + \\ &+ V_{bSV3} \rightarrow V_{bSV1} + V_{bSV2} + V_{bSV3} + V_{bSV4}; \\ V_{aSV1} &\rightarrow V_{aSV1} + V_{aSV2} \rightarrow V_{aSV1} + V_{aSV2} + \\ &+ V_{aSV3} \rightarrow V_{aSV1} + V_{aSV2} + V_{aSV3} + V_{aSV4}. \end{aligned}$$

Четыре инновационных цикла относятся к соответствующим технологическим переделам, формируют добавленную стоимость к базовой стоимости передела, оплату труда персонала передела, чистую прибыль передела и нематериальные активы передела.

Следует иметь в виду, что каждый технологический передел должен иметь рыночную стоимость.

**Математическая модель и структура системы управленческого учета равновесного операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал в форме произведенной и реализованной продукции**

Базовый равновесный операционный цикл конверсии производственного капитала, включающего по каждому переделу балансовые материальные и прочие (без амортизации от нематериальных активов) технологические затраты, минимальную оплату труда, и балансовые основные средства, в денежный капитал, включающего: балансовую стоимость произведенной продукции в каждом переделе, все налоговые платежи и амортизацию (обесценивание) по каждому переделу от основных средств.

Инновационные равновесный маркетинговый цикл конверсии капитала в форме продукции, произведенной в производственно-технологической системе, в денежный капитал в форме проданной (реализован-

ной) продукции, включающий по каждому переделу (рис. 5).

Система управленческого учета базового и инновационного цикла управленческого учета состоит из десяти блоков.

Блок 1 базового цикла формирует стоимость  $U_{fa}$  основных средств производственно-технологической системы и согласно принципа равновесия, управленческая стоимость основных средств равна рыночной стоимости изготовленной продукции  $V_{bSV}$ . Эти параметры и производственный режим предприятия  $R_G$  (2000 при односменной, 4000 при двухсменной и при трехсменной работе 6000 ч/год) являются исходными для оценки производительности основных средств, равной  $T_{fa} = U_{fa} / R_G$ .

Блок 2 базового цикла равновесной конверсии формирует приращение производительности технологических затрат  $T_{tc}$ , включающих материальные операционные затраты  $C_{mc}$ , прочие технологические затраты  $C_{othc}$  и минимальную оплату труда  $\min C_{lp}$ . В этом случае приращение производительности  $\Delta T_{EC} = T_{tc} / R_0$ , где  $R_0$  – годовой ресурс рабочего времени (2000 при односменной, 4000 при двухсменной и при трехсменной работе 6000 ч/год).

Блок 3 – производство продукции в производственно-технологической системе, где внутривзаводская стоимость равна технологическим затратам, а потребительские свойства имеют конкурентные преимущества на рынке (рыночную стоимость  $V_{dSV}$ ).

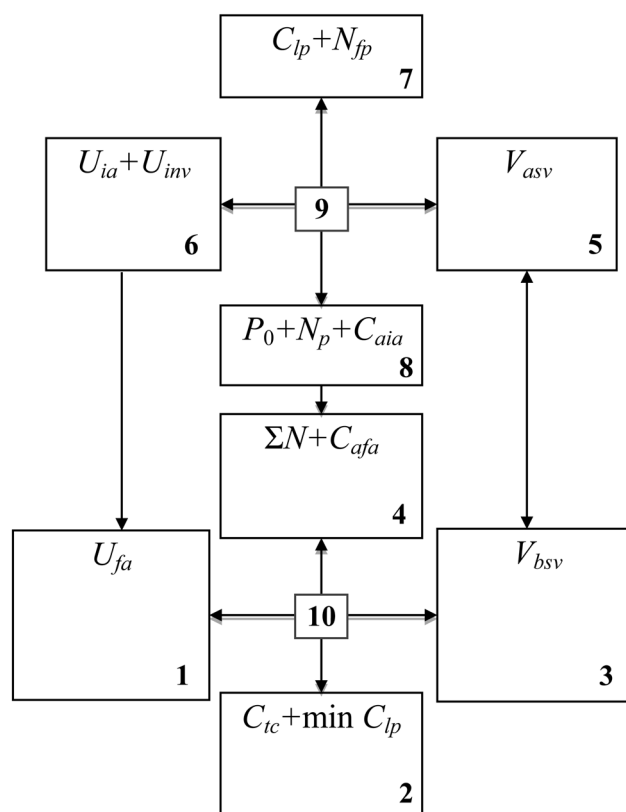


Рис. 5. Блок-схема системы управленческого учета [16] в равновесном операционном цикле конверсии производственного капитала в денежный капитал в форме произведенной в МТС и проданной в маркетинговом дивизионе предприятия продукции

Блок 4 — реализация продукции  $V_{bSV}$  по цене равной стоимости, при этом технологические затраты в форме продукции «ушли» потребителю, а предприятие рынок дал чистый базовый доход  $D_{b0}$ , включающий налог на добавленную стоимость  $N_{av}$ , налог на имущество юридических лиц  $N_{sv}$ , налог на землю  $N_l$  и амортизацию от материальных активов  $C_{fa}$ .

Блок 10 реализует функцию равновесия операционного базового цикла конверсии:

$$U_{bfa} = V_{bSV} = C_{mc} + C_{othc} + \min C_{lp} = \\ = N_{av} + N_{fa} + N_l + C_{dfa}$$

Добавленная рыночная стоимость  $V_{aSV}$  (added sales value) продукции формирует свой операционный цикл конверсии.

Блок 5 — добавленная рыночная стоимость согласно принципу равновесия в управленческом учете равна стоимости нематериального актива.

Блок 6 — доходная стоимость нематериального актива  $U_{ia}$ , создавшего добавленную стоимость  $V_{aSV}$ .

Блок 7 — оплата труда с налогом на доходы физических лиц  $N_{dfp}$  инноваторам и производственному персоналу, участвующему в создании добавленной стоимости.

Блок 8 — чистая прибыль  $P_0$ , налог на операционную прибыль  $N_p$  и амортизация от нематериальных активов  $C_{aia}$ . Этот блок позволяет акционерам и собственникам нематериального актива принять решение, какой из параметров является для них приоритетным.

Блок 9 формирует принцип равновесия в операционном цикле конверсии добавленной стоимости продукции и услуг.

Проектирование инновационной программы операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал ООО «НПФ Система-

Сервис» (г. Санкт-Петербург), направленной на непрерывное увеличение добавленной стоимости продуктов и услуг.

Данные бухгалтерского баланса предприятия (табл. 1):

1.  $V_{SV}$  — объем реализованной продукции.
2.  $C_{mc}$  — технологические материальные затраты.
3.  $C_{otc}$  — технологические прочие затраты без амортизации нематериальных активов  $C_{aia}$ , налога на имущество юридических лиц  $N_{fa}$ , налога на землю  $N_l$ .

Параметры управленческого учета:

4.  $C_{lpc} = \min C_{lpc}$  — затраты на оплату труда, рассчитанные по минимальной оплате труда на всю численность персонала предприятия, участвующего в операционном цикле, со страховыми взносами и налоговыми платежами. Например, минимальная оплата труда в Санкт-Петербурге с 17.11.2015 г. на 1 января установлена 11700 рублей в месяц.
5. Сумма технологических затрат  $C_{tc} = C_{mc} + C_{lpc} + C_{otc}$ .

Математическая модель операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал в производственно-технологической системе предприятия состоит из базового операционного цикла конверсии производственного капитала в конкурентоспособную продукцию и инновационного цикла, формирующего конкурентные преимущества в форме добавленной рыночной стоимости.

6. В равновесном операционном базовом цикле конверсии  $U_{fa} = C_{tc}$ .
7. Производственный капитал базового цикла конверсии  $Q_{bmc}$  состоит из основных средств  $U_{fa}$  и технологических затрат  $C_{tc}$ .
8. Проектируемый чистый доход  $D_{b0}$  согласно принципу равновесия операционного цикла конверсии: налог на добавленную стоимость  $0,18V_{bSV}$ ; налог на имущество юридических лиц  $0,02U_{fa}$ ; чистая при-

Таблица 1

Параметры бухгалтерского баланса предприятия, млн руб./год	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1. $V_{SV}$	838,6	1296,0	1092,2
2. $C_{mc}$	785,6	1176,1	953,5
3. $C_{othc}$	1,1	4,0	6,8
4. $\min C_{lp}$	5,0	6,2	7,8
5. $C_{tc}$	791,7	1186,3	968,1
Проектирование параметров базового операционного цикла конверсии			
6. $U_{fa}$	791,7	1186,3	968,1
7. $Q_{bmc}$	1583,4	2372,6	1936,2
8. $D_{b0}$ ; 0,33 $D_0$ ; 0,67 $D_0$	791,7; 261,3; 530,4	1186,3; 391,5; 795,0	968,1; 319,4; 649,0
9. Ресурсы инновационной программы	530,4	795,0	649,0
9.1. Продуктовая инновация	100	100	100
9.2. Технологическая инновация	100	100	100
9.3. Параллельное производство по переработки деловых отходов	100	100	100

быль дивидендов  $0,1U_{fa}$  акционерам, амортизация материальных активов  $0,03U_{fa}$ . Согласно принципу управленческого учета

$$D_0 = (0,18 + 0,02 + 0,1 + 0,03)U_{fa} + 0,67C_{ic}$$

Параметры инновационной программы:

9. Ресурсами инновационной программы является стоимость неэффективных технологических затрат  $\mu C_{ic}$ . На данном предприятии  $\mu = 0,67$ .

#### Примеры инновационной деятельности машиностроительного предприятия

В основу модели операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал положена организация производства, управленческий учет и инновационная деятельность Вологодского подшипникового завода ВПЗ (VBF), направленной на увеличение доли добавленной стоимости продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Завод был построен в 1960-х гг. с целью производства и реализации 105 млн шариковых подшипников 22 наименований для поставки их, в основном, на Волжский автозавод. Сегодня ВПЗ производит около 40 млн шариковых и роликовых подшипников в год при 3500 наименований. Основными конкурентами завода являются Шведская фирма SKF и Германская фирма FAG. Для реализации задачи непрерывного роста добавленной стоимости создан отдел Главного конструктора с испытательным комплексом (ОЛИР — отел лабораторно-исследовательских работ). Производственно-технологическая система завода представляет собой интегрированный комплекс технологических переделов базовой конструкции подшипника, включающий: горячую штамповку заготовок под токарную обработку; химико-термическую обработку; шлифование, суперфиниширование рабочих поверхностей; предсборочную промывку комплектующих переделов, сборку подшипников, их вибраакустическую сортировку по уровням качества (Q4, Q5, Q6, Q7). Производство шариков и роликов также является интегрированным комплексом технологических переделов, обеспечивающих формирование требуемой рыночной стоимости шаров. Сепараторы и защитные шайбы изготавливает отдельное производство и поставляет готовые изделия на сборку. Все технологические переделы являются зонами финансовой ответственности. Между технологическими переделами существует рыночный уклад.

Добавленная стоимость может возникать на любом переделе. Ниже приведены примеры инновационной деятельности на подшипниковом заводе.

Поставлена задача исключить дробеструйную операцию из маршрута производства заготовок колец в кузнечнопрессовом производстве.

В результате исследований, выполненных на заводе, создано техническое решение на которое получен Патент на изобретение № 2144170 от 10 января 2000 г. «Контейнер для безокислительного отжига поковок» [18].

Данное инновационное техническое решение освоено в инновационном производственно-технологическом маршруте при отсутствии дробеструйной операции очистки поковок от окалины. В результате инновационного процесса повысилась стойкость токарного инструмента, снизился расход металла на угар, освободились производственные площади под необходимое дополнительное технологическое оборудование кузнечного производства, значительно снизилась техногенная нагрузка на экологию районов города.

Заготовки колец радиальных подшипников, полученные горячей штамповкой из прутка, имеют осевое расположение волокон. С тем, чтобы ориентировать волокна в радиальном направлении, в традиционном технологическом маршруте предусмотрена холодная раскатка заготовок и далее, с целью снятия наклепа в поверхностном слое, затрудняющего последующую токарную обработку, предусмотрен отжиг. Анализ и исследования затрат электроэнергии на отжиг колец в контейнере показал, что эти изменения практически отсутствуют.

Анализ структуры затрат в целом на производство подшипников из поковок и трубы показал, что освоение малоокислительного отжига поковок позволило снизить технологические затраты в базовом операционном цикле и тем самым увеличить добавленную стоимость не увеличивая цену продукции.

Существенное влияние на технологические затраты оказывает тепловая обработка колец подшипников. Была поставлена задача исключить операцию отжига из маршрута производства колец из поковок после их холодной раскатки.

В результате исследований, выполненных на заводе, создано техническое решение, на которое получен Патент на изобретение № 2148461 от 10 мая 2000 г. «Способ изготовления наружных колец подшипников качения» [19].

Идея способа заключается в предварительном точении заготовок перед холодной раскаткой, где формируют размеры и массу кольца под раскатку таким образом, чтобы в результате последующей холодной раскатки получить размеры, не требующие дополнительной токарной обработки. В результате был исключен процесс отжига колец после холодной раскатки.

Подшипники изготавливают по технологическим параметрам, а предъявляют потребителям по вибраакустическим характеристикам. Поэтому существенным недостатком исходной организации производства шлифования и суперфиниширования является потеря объема реализации продукции в результате нестабильности получения заданных (вибраакустических) потребительских свойств колец. Дело в том, что процесс шлифования и суперфиниширования наружных и внутренних колец по технологии, спроектированный при возведении завода, предусматривал дискретное последовательное выполнение этих операций путем их ручной загрузки в шлифовальный станок и выгрузки колец в контейнер путем свободного падения. Последующая операция шлифования на другом шлифовальном станке выполнялась аналогичным образом. При

такой технологии соударение колец в накопительном контейнере приводило к потере кольцами виброакустических характеристик. В результате собранные из таких колец подшипники не гарантировали требуемых виброакустических характеристик.

Поставлена задача исключить соударение колец из операции шлифования и суперфиниширования.

В результате исследований и проектирования, выполненных на заводе, создано техническое решение в виде шлифовально-сборочных линий.

Идея технического решения заключается в том, что шлифовальное оборудование смонтировали в единую технологическую линию на едином фундаменте и объединили гибким (флекс) транспортом. В результате каждое наружное (01) и внутреннее (02) кольцо подшипника, проходит шлифовальные операции на параллельных линиях, и кольца, не соударяясь, последовательно проходят в автоматическом режиме все операции и далее в комплекте в виде двух колец поступают на сборку подшипников.

На заводе за 10 лет инвестированы собственные и заемные средства, в результате все шлифовальные операции реализуются на шлифовально-сборочных линиях.

На основе синергетического эффекта на 25% увеличилось качество технологического процесса (стабильность получения продукции с заданными потребительскими свойствами). Увеличился объем реализации продукции и снизились удельные затраты на их производство. На эту величину увеличилась добавленная стоимость в операционном цикле.

Существенным фактором, определяющим виброакустические свойства подшипников, являются виброакустические свойства шаров.

В традиционной технологии доводочные шлифовальные операции осуществляют пастами, сформированными на основе хромистых соединений. Хромистые пасты имеют высокую рыночную стоимость и цену, при этом требуют существенных затрат на их утилизацию.

Поставлена задача найти альтернативу хромистым пастам для четвертой доводочной операции шаров подшипников.

В результате исследований, выполненных на заводе, созданы технические решения, на которые получены Патенты на изобретение № 2134707 от 20 августа 1999 г. «Абразивная паста» [20] и № 2145921 от 27 февраля 2000 г. «Абразивный порошок» [21].

Идея технического решения заключалась в том, что отходы, собранные в электрофильтрах глиноземного производства Пикалевского комбината в Ленинградской области по дисперсному составу, механическим и абразивным свойствам отвечали требованиям, предъявляемым к шлифовальным порошкам. При этом стоимость порошков в 17 раз меньше стоимости паст на основе окиси хрома, а утилизация их не представляет трудностей.

В результате снизились технологические материальные затраты на производство шаров подшипников и на этой основе увеличилась их добавленная стоимость.

## Основные выводы

Предложенная интегрированная математическая модель в системе координат производительность-энтропия существенно дополняет существующие математические модели управления инновациями в инженерном бизнесе.

Исследованиями установлено, что многие машиностроительные предприятия продают продукцию с добавленной стоимостью ниже базовой стоимости продукции. Это связано с тем, что инновационная деятельность, определяющая добавленную рыночную стоимость продукции не персонализирована. В результате отсутствует мотивация к поиску и освоению доходных идей для продуктовых, технологических и аллокационных инноваций.

Управленческий учет должен быть организован по технологическим переделам, имеющим рыночную стоимость. Поэтому каждый технологический передел должен быть зоной финансовой ответственности.

### Список использованных источников

1. А. Н. Шичков, Н. А. Кремлева, А. Н. Шичков. Проектирование операционного цикла конверсии производственного капитала в денежный капитал в инженерном бизнесе/Под ред. А. В. Бабкина//Экономика и менеджмент в условиях цифровизации: состояние, проблемы, форсайт: труды научно-практической конференции с международным участием. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 483-510.
2. A. N. Shichkov. Designing Manufacturing-Technological Systems// Scientific Israel - Technological Advantages. 2016. № 18. С. 89.
3. А. Н. Шичков, Н. А. Кремлева, А. А. Борисов. Innovative Enhancement of Engineering Business of a Municipality/Под ред. А. В. Бабкина//Новая экономическая реальность, кластерные инициативы и развитие промышленности (ИНПРОМ-2016). Труды международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2016. С. 74-88.
4. В. А. Садовничий, А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. Научный совет по Программе фонд. исслед. Президиума Российской академии наук «Экономика и социология знания». М.: ИСПИ РАН, 2012. 359 с.
5. С. В. Дубовский. Моделирование циклов Кондратьева и прогнозирование кризисов//Кондратьевские волны. 2012. № 1. С. 179-188.
6. Open Innovation Research, Management and Practice/edited by J. Tidd. Imperial College Press, 2014. 445 p.
7. P. T. Gianiodis, S. C. Ellis, E. Secchi. Advancing a typology of open innovation//International Journal of Innovation Management. 2010, Vol. 14, № 4. P. 531-572.
8. А. А. Борисов. Энтропийный подход к проектированию параметров инновационных процессов на производственных предприятиях лесного комплекса//Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 15. С. 18-22.
9. В. С. Жуковский. Термодинамика. М.: Энерго-атомиздат, 1983. 304 с.
10. P. Ritala, A. Almpantopoulou. In defense of 'eco' in innovation ecosystem//Technovation. 2017, № 60-61. P. 39-42.
11. J. D. Linton. E=mc2: Material and energy innovation as a basis for economic growth — Thoughts for scientists and engineers// Technovation. 2017, № 68. P. 1-3.
12. H. Forsman, S. Temel. Innovation and business performance in small enterprises. — An enterprise-level analysis//International Journal of Innovation Management. 2011, Vol. 15, № 3. P. 641-665.
13. C. Herstatt, K. Kalogerakis. How to use analogies for breakthrough innovations//International Journal of Innovation and Technology Management. 2005, Vol. 2, № 3. P. 331-347.



14. И. Л. Туккель, С. А. Голубев, А. В. Сурина, Н. А. Цветкова. Методы и инструменты управления инновационным развитием промышленных предприятий: монография СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 208 с.
15. Г. Ф. Деттер, И. Л. Туккель. О принципах проектирования региональных инновационных экосистем//Инновации. 2016. № 1 (207). С. 70-78.
16. Решение о выдаче патента на полезную модель № 2017129169/08(050482) от 15.08.2017 Система управленческого учета параметров производственного цикла предприятия /А. Н. Шичков, А. Н. Шичков. – №2017129169/08(050482); заявл. 15.08.2017; решение от 11.10.2017. Пат. 2 321 886 Российская Федерация, МПК G06F 17/50 (2006.01).
17. Система анализа проектирования и процессов производства/ Тушински Стив В. (US). – №2004126675/09; заявл. 04.02.2003; опубл. 20.07.2005. – Б. и. – 2005. – № 20.
18. Пат. 2144170 Российская Федерация, МПК7 F 27 D 5/00, C 21 D 1/74, C 21 D 9/00. Контейнер для безокислительного структурного отжига поковок/А. Н. Шичков, Ф. И. Ардовский, Н. А. Бормосов [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «Вологодский подшипниковый завод». – №98119050/02; заявл. 19.10.1998; опубл. 10.01.2000. – Б. и. – 2000. – № 1, ч. 2.
19. Пат. 2148461 Российская Федерация, МПК7 В 21 Н 1/12. Способ изготовления наружных колец подшипников качения /А. Н. Шичков, В. С. Солтус, Л. Э. Рогалевич [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «Вологодский подшипниковый завод». – № 98119106/02; заявл. 19.10.1998; опубл. 10.05.2000. – Б. и. – 2000. – № 13, ч. 2.
20. Пат. 2134707 Российская Федерация, МПК6 С 09 G 1/02, С 09 К 3/14. Абразивная паста/А. Н. Шичков, Б. А. Новоселов, Л. Э. Рогалевич [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «Вологодский подшипниковый завод». – №98110031/04; заявл. 26.05.1998; опубл. 20.08.1999. – Б. и. – 1999. – № 23, ч. 2.
21. Пат. 2145921 Российская Федерация, МПК7 В 24 D 3/00, С 09 К 3/14. Абразивный порошок/А. Н. Шичков, Б. А. Новоселов, Л. Э. Рогалевич [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «Вологодский подшипниковый завод». – №98110239/02; заявл. 26.05.1998; опубл. 27.02.2000. – Б. и. – 2000. – № 6, ч. 2.

**Integrated approach to designing, management accounting and innovative improvement of operation cycle of an engineering enterprise**

**A. N. Shichkov**, doctor of technical sciences, doctor of economics, professor, head of department.

**N. A. Kremleva**, PhD in economics, associate professor.

**A. A. Borisov**, PhD in economics, associate professor.  
**A. N. Shichkov-jr**, graduate student.

(Department «Innovation management and organization of production», Vologda state university)

The analysis of the processes of forming engineering business in European countries from the XVIII century has shown that scientific ideas determined the rate of its evolution. Kondratyev's research shows that the growth of performance and added value of products is the consequence of improving the models of production organization and technologies used in operation processes. Our purpose is to create the mathematical model implementing a continuous motivated increase of added product cost based on the organization of production with market relations, management accounting and innovation personalized activity. We use the method of designing, operating and improving an ideal equilibrium thermodynamic cycle converting energies (Carnot cycle) in creating and formulating the integrated mathematical model of an engineering enterprise operation cycle. As a result, we created the operation cycle converting manufacturing capital into monetary capital was created. The processes of forming manufacturing capital main funds and of manufacturing products are realized at constant performance but at changing entropy. The processes of forming technological costs and of selling products are isentropic. Mathematical model allows designing the parameters and the organization of production processes by transferring technological costs and product cost within technological stages. Management accounting system realizes the equilibrium of cycle processes' parameters. The study of these scenarios has shown that for motivating the growth of product added market value, it is necessary to divide the operation cycle into basic and innovative personalized ones. Innovators' labor payment might have four sources that are the motivation to continuously increase added value.

**Keywords:** operation cycle converting manufacturing capital into monetary capital; basic conversion cycle; performance and entropy; manufacturing-technological system of engineering enterprise.