

УДК 539.374

## Модель динамики развития многофакторного производственного предприятия, учитывающая взаимодействие продуктовых и процессных инновационных потенциалов

В.И. Аксинин, Л.А. Сараев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

### Аннотация

В публикуемой статье предлагается экономико-математическая модель динамики развития многофакторного производственного предприятия, учитывающая взаимодействие продуктовых и процессных инновационных потенциалов.

Выпуск продукции рассматриваемого предприятия обеспечивается производственной мультипликативной функцией Кобба–Дугласа, параметры которой зависят от уровней продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала.

Установлена система дифференциальных уравнений баланса предприятия относительно объемов всех его ресурсов и объемов его продуктовых и процессных инновационных потенциалов.

Для управления процессами поэтапного внедрения в производство инновационных потенциалов в систему дифференциальных уравнений модели вводятся специальные индикаторные функции, определяющие временные интервалы разворачивания инновационных потенциалов.

Вычислены предельные значения объемов ресурсов предприятия, предельные значения объемов инновационных потенциалов и предельное значение объема выручки.

Численное решение системы дифференциальных уравнений разработанной модели позволяет получить динамические траектории развития предприятия, на основе которых, управляя индикаторными функциями, можно строить различные сценарии работы предприятия.

---

### Математические, статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


#### Образец для цитирования:

Аксинин В.И., Сараев Л.А. Модель динамики развития многофакторного производственного предприятия, учитывающая взаимодействие продуктовых и процессных инновационных потенциалов // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 2. С. 9–28. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-2-9-28>.

#### Сведения об авторах:

Владимир Иванович Аксинин  <http://orcid.org/0000-0001-6959-8053>

аспирант кафедры математики и бизнес-информатики; e-mail: [aksininvladimir@mail.ru](mailto:aksininvladimir@mail.ru)

Леонид Александрович Сараев  <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры математики и бизнес-информатики; e-mail: [saraev\\_leo@mail.ru](mailto:saraev_leo@mail.ru)

**Ключевые слова:** объем выпуска продукции; инновационный потенциал предприятия; промышленное предприятие; производственная функция; производственные ресурсы; смешанные технологические инновации; факторы производства; амортизация; продуктовые технологические инновации; процессные технологические инновации; инвестиции.

Получение: 12 февраля 2024 г. / Исправление: 15 апреля 2024 г. /

Принятие: 29 апреля 2024 г. / Публикация онлайн: 28 июня 2024 г.

---

## **Введение**

Инновационная трансформация бизнес–процессов производственных предприятий представляет собой актуальное и приоритетное направление развития национальной экономики.

Общая динамика развития любого предприятия определяется динамикой роста объемов каждого производственного фактора, участвующего в его бизнес–процессах.

На особенности изменений объемов производственных факторов существенно влияют внедряемые в производство технологические инновации. Ресурсные, цифровые, финансовые, кадровые, научные, патентные и лицензионные компоненты технологических инноваций образуют инновационные потенциалы предприятия.

Они создают технологическую основу инновационной деятельности предприятия, выпускающего новые виды продукции и осваивающие новые методы их производства, и существенно влияют на сценарии его динамического развития [1–7].

На практике технологические инновации предприятия обеспечивают внедрение в производство комплексной автоматизации технологических процессов производства, новых материалов, высококвалифицированного персонала, робототехники, манипуляторов, гибких производственных систем, элементов искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей, цифровых технологий и т.д. [8–18].

Инновационные потенциалы предприятия могут быть реализованы либо в виде принципиально новых выпускаемых продуктов, либо в виде нового бизнес–процесса или способа производства.

В первом случае технологические инновации являются процессными инновациями, выводящими на рынок новые товары.

Во втором случае технологические инновации представляют собой продуктовые инновации, внедряющие новые или значительно улучшенные способы производства продукции.

Очевидно, что на практике возможно сочетание таких вариантов применения инновационного потенциала, при которых продуктовые инновации и процессные инновации реализуются одновременно, генерируя и новый продукт, и новый процесс производства. [19–24].

Различные способы применения инновационного потенциала могут формировать различные сценарии развития предприятия.

Применение определенных инновационных технологий в производстве способно существенно повысить выручку предприятия, выпуская большее количество изделий той же номенклатуры.

Используя другие инновационные технологии предприятие может увеличить свою выручку, выпуская то же число изделий, но более высокого качества и более высокой цене.

Наконец, продвинутые инновационные технологии могут помочь предприятию решить одновременно обе вышеуказанные задачи, и выпускать большее число новых качественных и более дорогих изделий [25–28].

Таким образом, математическое моделирование подобных сценариев является актуальной задачей современной экономической теории, успешное решение которой может помочь экономическим системам и предприятиям правильно выбирать свой инновационный вектор развития, эффективно управляя инновационными процессами и инновационным потенциалом.

Целью предлагаемой работы является построение математической модели формирования и функционирования инновационных потенциалов и ее применения для разработки сценариев развития многофакторных предприятий.

## 1. Постановка задачи

Пусть динамика выпуска продукции предприятия обеспечивается произвольным числом производственных факторов  $(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ , представляющие собой финансовые объемы основного капитала, оборотного капитала, объемы трудовых ресурсов, материалы, технологии и т.д.

Переменные величины этих объемов  $Q_i = Q_i(t)$ , предполагаются непрерывными, непрерывно – дифференцируемыми и ограниченными на интервале  $(0 \leq t < \infty)$  функциями времени  $t$

$$Q_i^0 \leq Q(t) < Q_i^\infty, (i = 1, 2, \dots, n).$$

Здесь  $Q_i^0$  – заданные начальные значения ресурсов  $Q_i = Q_i(t)$ ,  $Q_i^\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} Q_i(t)$  – его предельные значения, которые подлежат вычислению, единицей измерения непрерывного аргумента времени  $t$  служит соответствующий обстоятельствам рыночный период (месяц, квартал, год).

Для увеличения объемов выручки предприятия и для повышения качества выпускаемой им продукции необходимо внедрение соответствующих инновационных технологий.

Технологии способствующие увеличению выпуска предприятием продукции и соответствующие каждому объему ресурса  $Q_i$  образуют продуктовые инновационные потенциалы  $U_i$ .

Технологии способствующие повышению качества выпускаемой продукции  $V$  и его цены образуют процессный инновационный потенциал предприятия  $W$ .

Функции продуктовых и процессных инновационных потенциалов  $U_i(t)$  и  $W(t)$  представляют собой специальные индикаторные функции, которые принимают значения от нуля до единицы, и задают особенности внедрения технологических инноваций в производство.

Если на некотором временном интервале функции  $U_i(t)$  и  $W(t)$  принимают значения близкие к нулю, то на этом интервале внедрение инновационных потенциалов  $U = U(t)$  и  $W = W(t)$  в производственную деятельность предприятия практически отсутствует.

Если же на некотором интервале функции  $U_i(t)$  и  $W(t)$  принимают значения близкие к единице, то на этом временном интервале внедрение продуктовых и процессных технологических инноваций в производственную деятельность предприятия практически полностью завершено.

Во временных интервалах, на которых происходит сравнительно интенсивное изменение функций  $U_i(t)$  и  $W(t)$  от нуля до единицы, наблюдается соответствующее внедрение технологических инноваций в производственную деятельность предприятия.

Начало, конец и временную длительность временных интервалов процессов внедрения инноваций определяются руководством предприятия.

Если процессы внедрения технологических инноваций выполняются строго на заданном отрезке времени, то в качестве индикаторных функций следует выбрать кусочно-линейные функции

$$U_i(t) = \begin{cases} 0 & ; t < t_i - \sigma_i \\ \frac{t - t_i + \sigma_i}{2\sigma_i}; & t_i - \sigma_i \leq t \leq t_i + \sigma_i; \\ 1 & ; t > t_i + \sigma_i, \end{cases} \quad (1)$$

и кусочно-линейную функцию

$$W(t) = \begin{cases} 0 & ; t < t_W - \sigma_W \\ \frac{t - t_W + \sigma_W}{2\sigma_W}; & t_W - \sigma_W \leq t \leq t_W + \sigma_W; \\ 1 & ; t > t_W + \sigma_W. \end{cases} \quad (2)$$

Следует отметить, что в центрах интервалов  $(t_i - \sigma_i, t_i + \sigma_i)$  и  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$  функции (1) и (2) принимают значения  $U_i(t_i) = W(t_W) = \frac{1}{2}$ .

Если на предприятии до моментов времени  $t_i - \sigma_i$  и  $t_W - \sigma_W$  уже имели место элементы внедрения инноваций, а после моментов времени  $t_i + \sigma_i$  и  $t_W + \sigma_W$  еще оставались фрагменты производства не подверженные инновациям, то в этом случае качестве функций  $U_i(t), W(t)$  целесообразно выбрать логистические функции

$$U_i(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_i}{\sigma_i}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_i}{\sigma_i}\right) + 1}, \quad W(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right) + 1}, \quad (3)$$

являющиеся решениями задач Коши

$$\begin{cases} \frac{dU_i(t)}{dt} = \frac{2}{\sigma_i} \cdot U_i(t) \cdot (1 - U_i(t)), \\ U_i(t_i) = \frac{1}{2}, \\ (i = 1, 2, \dots, n), \end{cases} \quad (4)$$

и задачи Коши

$$\begin{cases} \frac{dW(t)}{dt} = \frac{2}{\sigma_W} \cdot W(t) \cdot (1 - W(t)), \\ W(t_W) = \frac{1}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

На Рис.1 представлены графики функций  $U_i(t)$  и  $W(t)$ , построенные по формулам (3)

Рис. 1: Графики функций  $U_i(t)$  и  $W(t)$ , построенные по формулам (3). Расчетные значения:  $t_i = 4$ ;  $\sigma_i = 0,75$ ;  $t_W = 8$ ;  $\sigma_W = 0,75$ .

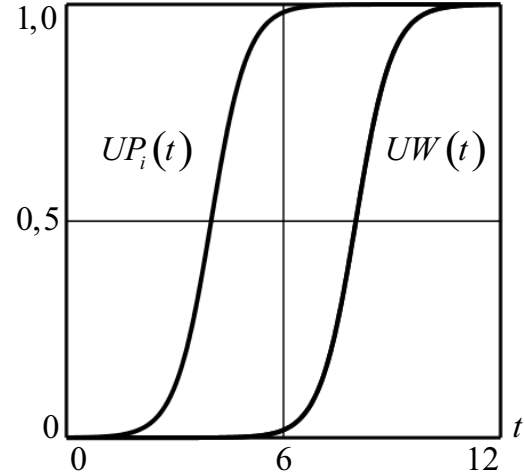


Fig. 1: Graphs of the functions  $U_i(t)$  and  $W(t)$ , constructed using the formulas (3). Calculated values:  $t_i = 4$ ;  $\sigma_i = 0.75$ ;  $t_W = 8$ ;  $\sigma_W = 0.75$ .

Производственная функция объема выручки предприятия может быть описана мультипликативной многофакторной функцией Кобба-Дугласа с переменными коэффициентами

$$V(t) = P(t) \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{a_s(t)}. \quad (6)$$

Здесь

$$\begin{cases} P(t) = P^0 \cdot (1 - W(t)) + P^\infty \cdot W(t), \\ a_s(t) = a_s^0 \cdot (1 - U_i(t)) + a_s^\infty \cdot U_i(t), \end{cases} \quad (7)$$

коэффициенты  $P_0, P_\infty$  – представляют собой начальную и предельную стоимости продукции произведенной на единичный объем ресурсов  $Q_s(t)$ , показатели степени  $a_s^0, a_s^\infty$  – представляют собой начальные и предельные эластичности выпусков продукции по ресурсам  $Q_s(t)$ . Относительно этих параметров выполняются очевидные неравенства

$$\begin{cases} P_0 \leq P_\infty, \\ 0 \leq a_s^0 \leq a_s^\infty \leq 1. \end{cases}$$

## 2. Модель многофакторного предприятия

Динамика развития рассматриваемого предприятия определяется системой уравнений балансов относительно объемов факторов производства  $Q_i(t)$ .

Рассмотрим приращения объемов ресурсов  $Q_i(t)$  на некотором малом отрезке времени  $[t, t + \Delta t]$

$$\Delta Q_i = Q_i(t + \Delta t) - Q_i(t), (i = 1, 2, \dots, n)$$

Каждое из этих приращений может быть представлено в виде двух слагаемых

$$\Delta Q_i = \Delta Q_i^A + \Delta Q_i^I, \quad (8)$$

Здесь  $\Delta Q_i^A$  – частичные амортизации объемов факторов производства  $Q_i(t)$  за время  $\Delta t$ ;  $\Delta Q_i^I$  – частичные восстановления объемов факторов производства  $Q_i(t)$  счет внутренних инвестиций за время  $\Delta t$ .

Приращения частичных амортизаций объемов  $\Delta Q_i^A$  за время  $\Delta t$  имеют вид

$$\Delta Q_i^A(t) = -\lambda \cdot A_i \cdot Q_i(t) \cdot \Delta t, \quad (9)$$

Приращения частичных восстановлений объемов  $\Delta Q_i^I$  за время  $\Delta t$  можно записать в виде

$$\Delta Q_i^I(t) = \lambda \cdot I_i(t) \cdot \Delta t, \quad (10)$$

Здесь  $A_i$  – коэффициенты амортизации, доли выбывших за единицу времени объемов факторов производства  $Q_i(t)$ ;  $I_i(t)$  – инвестиции, восстанавливающие объемы ресурсов  $Q_i(t)$

$$I_s(t) = B_i \cdot V(t),$$

или, с учетом формулы (6) для производственной функции

$$I_i(t) = B_i \cdot P(t) \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{a_s(t)}, \quad (11)$$

Здесь  $B_i$  – нормы накопления внутренних инвестиций для факторов производства  $Q_i(t)$ ,  $\lambda$  – скорость роста объемов факторов производства  $Q_i(t)$ , задаваемая в начале процесса развития предприятия его руководством.

Подстановка формул (9) – (11) в уравнения (8) дает

$$\Delta Q_i = \lambda \cdot \left( -A_i Q_i(t) + B_i \cdot P(t) \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{a_s(t)} \right) \cdot \Delta t. \quad (12)$$

Предельный переход в соотношениях (12) при условии  $\Delta t \rightarrow 0$ , приводит к системе связанных нелинейных дифференциальных уравнений

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = \lambda \cdot \left( -A_i \cdot Q_i(t) + B_i \cdot P(t) \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{a_s(t)} \right). \quad (13)$$

Начальные условия для системы уравнений (13) имеют вид

$$Q_i|_{t=0} = Q_i(0) = Q_i^0. \quad (14)$$

Система дифференциальных уравнений (14) показывает, что рассматриваемое производственное предприятие будет иметь поступательное развитие, до тех пор пока объемы внутренних инвестиций в бизнес-процессы будет численно превосходить объемы амортизационных отчислений. Очевидно, что при этом производные функций этих объемов будут принимать положительные значения.

Если численные значения объемов внутренних инвестиций и объемов амортизационных отчислений сравниваются, то производные функций этих объемов будут обращаться в нуль, и процесс развития предприятия выйдет на свою предельную мощность.

Таким образом, значения предельных объемов производственных факторов  $Q_i(t)$  и значения предельных значений объемов инновационных потенциалов могут получены в

качестве решений системы уравнений

$$A_i \cdot Q_i^\infty = B_i \cdot P^\infty \cdot \prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s^\infty}, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (15)$$

Для решения системы (15) разделим первые его  $n$  уравнений на коэффициенты амортизации  $A_i$

$$Q_i^\infty = \frac{B_i}{A_i} \cdot P \cdot \prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s^\infty}.$$

Возведем левые и правые части всех равенств в степени  $a_i$

$$\left( Q_i^\infty \right)^{a_i} = \left( \frac{B_i}{A_i} \right)^{a_i} \cdot \left( P \right)^{a_i} \cdot \left( \prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s^\infty} \right)^{a_i}, \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Перемножим полученные равенства

$$\prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s} = \left( P \right)^{\sum_{p=1}^n a_p} \cdot \prod_{s=1}^n \left( \frac{B_s}{A_s} \right)^{a_s} \cdot \left( \prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s^\infty} \right)^{\sum_{p=1}^n a_p}.$$

Вычислим из полученного равенства произведение факторов производства

$$\prod_{s=1}^n \left( Q_s^\infty \right)^{a_s} = \left( \left( P \right)^{\sum_{p=1}^n a_p} \cdot \prod_{s=1}^n \left( \frac{B_s}{A_s} \right)^{a_s} \right)^{\frac{1}{1 - \sum_{p=1}^n a_p}}. \quad (16)$$

Подставляя формулу (16) в систему уравнений (15), окончательно находим

$$Q_i^\infty = \frac{P^\infty \cdot B_i}{A_i} \cdot \left( \left( P^\infty \right)^{\sum_{p=1}^n a_p} \cdot \prod_{s=1}^n \left( \frac{B_s}{A_s} \right)^{a_s} \right)^{\frac{1}{1 - \sum_{p=1}^n a_p}}. \quad (17)$$

Рассмотрим несколько частных вариантов динамики развития предприятий.

### 3. Модель однофакторного предприятия

Пусть выпуск продукции предприятия обеспечивается одним производственным фактором  $Q(t) = Q_1(t)$ .

Производственная функция (6) в таком случае принимает вид

$$V(t) = P(t) \cdot Q(t)^{a(t)}. \quad (18)$$

Здесь

$$\left\{ \begin{array}{l} P(t) = P_0 \cdot (1 - W(t)) + P_\infty \cdot W(t), \quad a(t) = a_0 \cdot (1 - U(t)) + a_\infty \cdot U(t), \\ U(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_U}{\sigma_U}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_U}{\sigma_U}\right) + 1}, \quad W(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right) + 1}, \end{array} \right. \quad (19)$$

коэффициенты  $P_0, P_\infty$  – представляют собой начальную и предельную стоимости продукции произведенной на единичный объем ресурса  $Q(t)$ , показатели степени  $a_0$  и  $a_\infty$  – представляют собой начальные и предельные эластичности выпусков продукции по ресурсу  $Q(t)$ .

Система дифференциальных уравнений балансов (13) для однофакторного предприятия сводится к одному уравнению

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \lambda \cdot \left( -A_Q \cdot Q(t) + B_Q \cdot P(t) \cdot Q(t)^{a(t)} \right). \quad (20)$$

Здесь  $A_Q$  – коэффициент амортизации,  $B_Q$  – норма накопления внутренних инвестиций для фактора производства  $Q(t)$ .

Начальное условие для уравнения (20) имеет вид

$$Q|_{t=0} = Q(0) = Q_0. \quad (21)$$

Формулы (17) для значения предельного объема производственного фактора  $Q(t)$  принимают в данном случае вид

$$Q_\infty = \left( \frac{P_\infty \cdot B_Q}{A_Q} \right)^{\frac{1}{1 - a_\infty}}. \quad (22)$$

Очевидно, что задачу Коши (20), (21) относительно объема фактора производства  $Q(t)$  можно решать только численно.

На Рис.2 представлены три варианта графиков функций объемов фактора производства  $Q(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (20), (21).

В первом варианте внедрения продуктовых и процессных инноваций в структуру производства не происходит на всем временном интервале ( $0 \leq t < \infty$ ), при этом функции продуктового и процессного инновационных потенциалов обращаются в нуль  $U(t) = 0$ ,  $W(t) = 0$ .

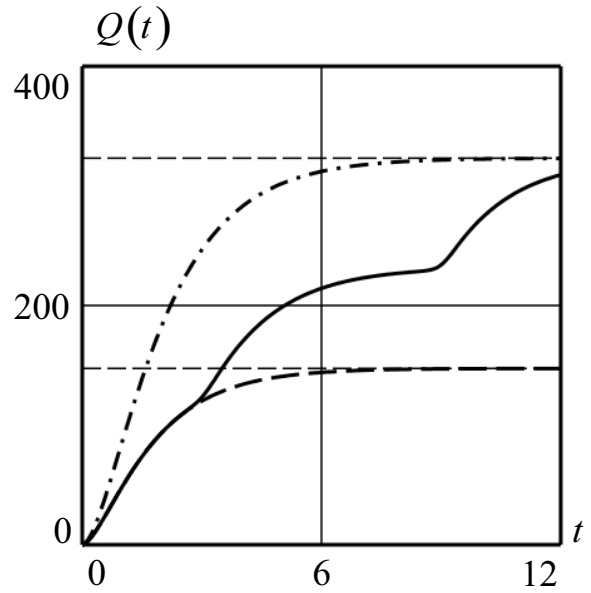
Во втором варианте все продуктовые технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_U - \sigma_U, t_U + \sigma_U)$ , все процессные технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$ , а функции  $U(t)$  и  $W(t)$  описываются формулами (19).

В третьем варианте внедрение продуктовых и процессных инноваций в структуру производства выполняется с самого начала, при этом функции продуктового и процессного инновационных потенциалов обращаются в единицу  $U(t) = 1$ ,  $W(t) = 1$ .



Рис. 2: Варианты графиков функций объемов фактора производства  $Q(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (20), (21). Штриховая линия соответствует первому варианту, сплошная линия соответствует второму варианту, штрих – пунктирная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 2: Variants of graphs of functions of production factor volumes  $Q(t)$ , constructed in accordance with numerical solutions of the Cauchy problem (20), (21). The dashed line corresponds to the first option, the solid line corresponds to the second option, and the dashed line corresponds to the third option.



На Рис.3 представлены три варианта графиков функций объемов выпуска продукции  $V(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (20), (21) и формулой (18).

В первом варианте внедрения продуктовых и процессных инноваций в структуру производства не происходит на всем временном интервале ( $0 \leq t < \infty$ ), при этом функции продуктового и процессного инновационных потенциалов обращаются в нуль  $U(t) = 0$ ,  $W(t) = 0$ .

Во втором варианте все продуктовые технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_U - \sigma_U, t_U + \sigma_U)$ , все процессные технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$ , а функции  $U(t)$  и  $W(t)$  описываются формулами (19).

В третьем варианте внедрение продуктовых и процессных инноваций в структуру производства выполняется с самого начала, при этом функции продуктового и процессного инновационных потенциалов обращаются в единицу  $U(t) = 1$ ,  $W(t) = 1$ .

При построении графиков функций на Рис.2 и Рис.3 были использованы следующие расчетные значения:

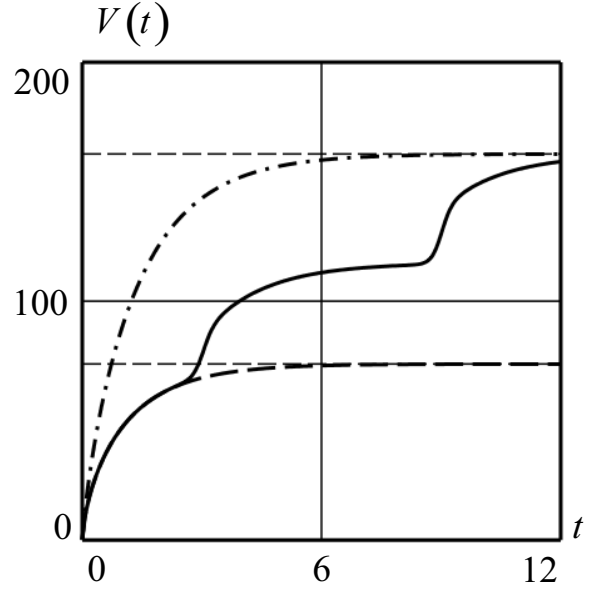
$$\left\{ \begin{array}{l} t_U = 4; \sigma_U = 1; t_W = 8; \sigma_W = 1; \\ P_0 = 10; P_\infty = 12; \\ a_0 = 0,4; a_\infty = 0,45; \\ A_Q = 0,1; B_Q = 0,2; \lambda = 12. \end{array} \right.$$

#### 4. Модель двухфакторного предприятия

Рассмотрим важный частный случай, при котором выпуск продукции предприятия обеспечивается двумя производственными факторами – капиталом  $K(t) = Q_1(t)$  и трудовыми ресурсами  $L(t) = Q_2(t)$ .

Рис. 3: Варианты графиков функций объемов выпуска продукции  $V(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (20), (21) и формулой (18). Штриховая линия соответствует первому варианту, сплошная линия соответствует второму варианту, штрих – пунктирная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 3: Variants of graphs of functions of production volumes  $V(t)$ , constructed in accordance with numerical solutions of the Cauchy problem (20), (21) and the formula (18). The dashed line corresponds to the first option, the solid line corresponds to the second option, and the dashed line corresponds to the third option.



Производственная функция (6) принимает вид

$$V(t) = P(t) K(t)^{a(t)} L(t)^{b(t)}. \quad (23)$$

Здесь

$$\left\{ \begin{array}{l} P(t) = P_0 \cdot (1 - W(t)) + P_\infty \cdot W(t), \quad a(t) = a_0 \cdot (1 - U_K(t)) + a_\infty \cdot U_K(t), \\ b(t) = b_0 \cdot (1 - U_L(t)) + b_\infty \cdot U_L(t), \quad U_K(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_K}{\sigma_K}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_K}{\sigma_K}\right) + 1}, \\ U_L(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_L}{\sigma_L}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_L}{\sigma_L}\right) + 1}, \quad W(t) = \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_W}{\sigma_W}\right) + 1} \end{array} \right. \quad (24)$$

коэффициенты  $P_0, P_\infty$  – по-прежнему представляют собой начальную и предельную стоимости продукции произведенной на единичный объем ресурсов  $K(t)$  и  $L(t)$ , показатели степени  $a_0, b_0$  и  $a_\infty, b_\infty$  – представляют собой начальные и предельные эластичности выпусков продукции по ресурсам  $K(t)$  и  $L(t)$ .

Относительно этих параметров выполняются очевидные неравенства

$$\begin{cases} P_0 \leq P_\infty, \\ 0 \leq a_0 \leq a_\infty \leq 1, \\ 0 \leq b_0 \leq b_\infty \leq 1. \end{cases}$$

Система дифференциальных уравнений балансов (13) для объемов факторов производства, описывающая динамику развития рассматриваемого двухфакторного предприятия записывается в виде

$$\begin{cases} \frac{dK(t)}{dt} = \lambda \cdot \left( -A_K \cdot K(t) + B_K \cdot P(t) \cdot K(t)^{a(t)} \cdot L(t)^{b(t)} \right), \\ \frac{dL(t)}{dt} = \lambda \cdot \left( -A_L \cdot L(t) + B_L \cdot P(t) \cdot K(t)^{a(t)} \cdot L(t)^{b(t)} \right). \end{cases} \quad (25)$$

Здесь величины  $A_K, A_L$  – коэффициенты амортизации, доли выбывших за единицу времени объемов факторов производства  $K(t)$  и  $L(t)$ ; величины  $B_K, B_L$  – нормы накопления внутренних инвестиций для факторов производства  $K(t)$  и  $L(t)$ .

Начальные условия для системы уравнений (20) имеют вид

$$\begin{cases} K \Big|_{t=0} = K(0) = K_0, \\ L \Big|_{t=0} = L(0) = L_0. \end{cases} \quad (26)$$

Формулы (17) для значений предельных объемов производственных факторов  $K(t)$  и  $L(t)$  и предельных значений объемов инновационных потенциалов  $U(t)$  и  $W(t)$  принимают в данном случае вид

$$\begin{cases} K_\infty = \left( P_\infty \cdot \left( \frac{B_K}{A_K} \right)^{1-b_\infty} \cdot \left( \frac{B_L}{A_L} \right)^{b_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a_\infty-b_\infty}}, \\ L_\infty = \left( P_\infty \cdot \left( \frac{B_K}{A_K} \right)^{a_\infty} \cdot \left( \frac{B_L}{A_L} \right)^{1-a_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a_\infty-b_\infty}}. \end{cases} \quad (27)$$

Очевидно, что задачу Коши (25), (26) относительно объемов факторов производства  $K(t)$  и  $L(t)$  можно решать только численно.

На Рис.4 представлены три варианта графиков функций объемов фактора производства  $K(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (25), (26).

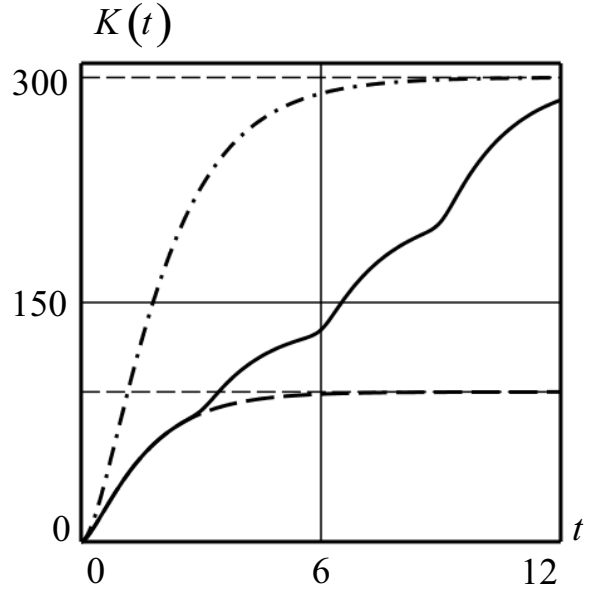
В первом варианте внедрения продуктовых и процессных инноваций в структуру производства не происходит на всем временном интервале ( $0 \leq t < \infty$ ), при этом функции продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала обращаются в нуль  $U_K(t) = 0, U_L(t) = 0, W(t) = 0$ .

Во втором варианте все продуктовые технологические инновации внедряются в структуру производства во временных интервалах  $(t_K - \sigma_K, t_K + \sigma_K)$  и  $(t_L - \sigma_L, t_L + \sigma_L)$ , все процессные технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$ , а функции  $U_K(t)$ ,  $U_L(t)$  и  $W(t)$  описываются формулами (24).

В третьем варианте внедрение продуктовых и процессных инноваций в структуру производства выполняется с самого начала, при этом функции продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала обращаются в единицу  $U_K(t) = 1$ ,  $U_L(t) = 1$ ,  $W(t) = 1$ .

Рис. 4: Варианты графиков функций объемов фактора производства  $K(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (25), (26). Штриховая линия соответствует первому варианту, сплошная линия соответствует второму варианту, штрих – пунктирная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 4: Variants of graphs of functions of production factor volumes  $K(t)$ , constructed in accordance with numerical solutions of the Cauchy problem (25), (26). The dashed line corresponds to the first option, the solid line corresponds to the second option, and the dashed line corresponds to the third option.



На Рис.5 представлены три варианта графиков функций объемов фактора производства  $L(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (25), (26).

В первом варианте внедрения продуктовых и процессных инноваций в структуру производства не происходит на всем временном интервале  $(0 \leq t < \infty)$ , при этом функции продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала обращаются в нуль  $U_K(t) = 0$ ,  $U_L(t) = 0$ ,  $W(t) = 0$ .

Во втором варианте все продуктовые технологические инновации внедряются в структуру производства во временных интервалах  $(t_K - \sigma_K, t_K + \sigma_K)$  и  $(t_L - \sigma_L, t_L + \sigma_L)$ , все процессные технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$ , а функции  $U_K(t)$ ,  $U_L(t)$  и  $W(t)$  описываются формулами (24).

В третьем варианте внедрение продуктовых и процессных инноваций в структуру производства выполняется с самого начала, при этом функции продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала обращаются в единицу  $U_K(t) = 1$ ,  $U_L(t) = 1$ ,  $W(t) = 1$ .

На Рис.6 представлены три варианта графиков функций объемов выпуска продукции  $V(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (25), (26) и формулой (23).

В первом варианте внедрения продуктовых и процессных инноваций в структуру производства не происходит на всем временном интервале  $(0 \leq t < \infty)$ , при этом функции

продуктового и процессного инновационных потенциалов обращаются в нуль  $U_K(t) = 0$ ,  $U_L(t) = 0$ ,  $W(t) = 0$ .

Во втором варианте все продуктовые технологические инновации внедряются в структуру производства во временных интервалах  $(t_K - \sigma_K, t_K + \sigma_K)$  и  $(t_L - \sigma_L, t_L + \sigma_L)$ , все процессные технологические инновации внедряются в структуру производства во временном интервале  $(t_W - \sigma_W, t_W + \sigma_W)$ , а функции  $U_K(t)$ ,  $U_L(t)$  и  $W(t)$  описываются формулами (24).

В третьем варианте внедрение продуктовых и процессных инноваций в структуру производства выполняется с самого начала, при этом функции продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала обращаются в единицу  $U_K(t) = 1$ ,  $U_L(t) = 1$ ,  $W(t) = 1$ .

Рис. 5: Варианты графиков функций объемов фактора производства  $L(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (25), (26). Штриховая линия соответствует первому варианту, сплошная линия соответствует второму варианту, штрих-пунктирная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 5: Variants of graphs of functions of production factor volumes  $L(t)$ , constructed in accordance with numerical solutions of the Cauchy problem (25), (26). The dashed line corresponds to the first option, the solid line corresponds to the second option, and the dashed line corresponds to the third option.

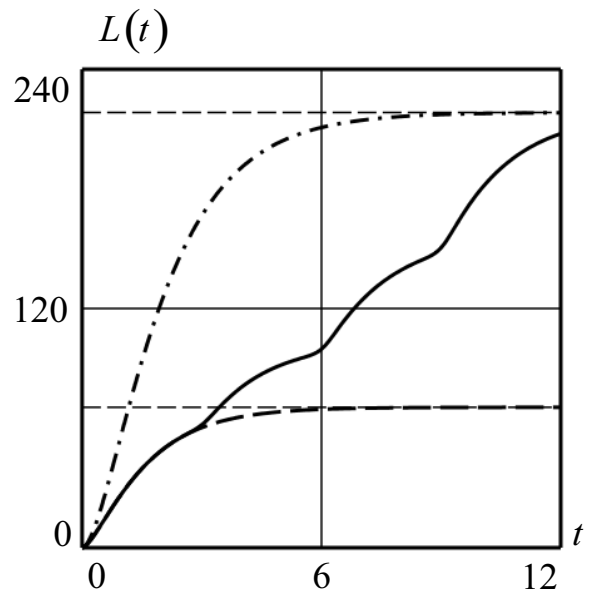
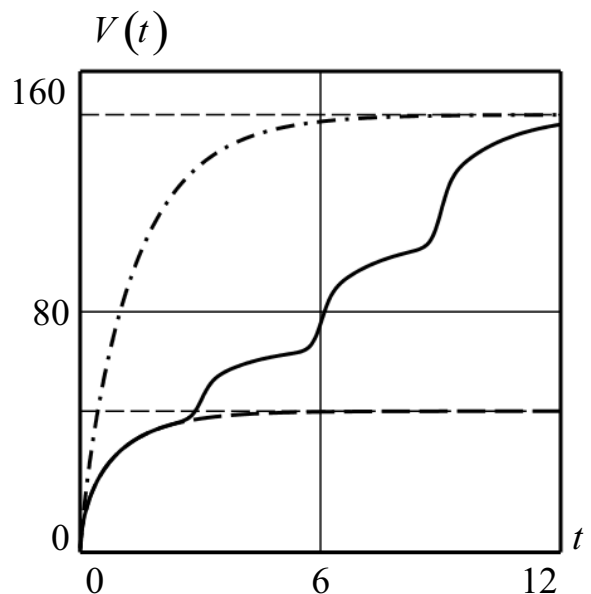


Рис. 6: Варианты графиков функций объемов выпуска продукции  $V(t)$ , построенные в соответствии с численными решениями задачи Коши (20), (21) и формулой (18). Штриховая линия соответствует первому варианту, сплошная линия соответствует второму варианту, штрих-пунктирная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 6: Variants of graphs of functions of production volumes  $V(t)$ , constructed in accordance with numerical solutions of the Cauchy problem (20), (21) and the formula (18). The dashed line corresponds to the first option, the solid line corresponds to the second option, and the dashed line corresponds to the third option.



При построении графиков функций на Рис.5 – Рис.6 были использованы следующие расчетные значения:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_U = 3; \sigma_U = 0,25; t_W = 9; \sigma_W = 0,25; \\ \lambda = 12; P_0 = 10; P_\infty = 12; \\ a_0 = 0,2; a_\infty = 0,25; b_0 = 0,15; b_\infty = 0,2; \\ A_K = 0,1; B_K = 0,2; A_L = 0,1; B_L = 0,15. \end{array} \right.$$

## Заключение

1. В публикуемой статье предлагается экономико-математическая модель динамики развития многофакторного производственного предприятия, учитывающая взаимодействие продуктовых и процессных инновационных потенциалов.
2. Выпуск продукции рассматриваемого предприятия обеспечивается производственной мультипликативной функцией Кобба–Дугласа, параметры которой зависят от уровней продуктовых инновационных потенциалов и процессного инновационного потенциала.
3. Установлена система дифференциальных уравнений баланса предприятия относительно объемов всех его ресурсов. Вычислены предельные значения объемов ресурсов предприятия и предельное значение объема выручки.
4. Показано, что управление процессами поэтапного внедрения в производство технологических инноваций осуществляется параметрами функций инновационных потенциалов.
5. Численное решение системы дифференциальных уравнений разработанной модели позволяет получить динамические траектории развития предприятия, на основе которых, управляя индикаторными функциями, можно строить различные сценарии работы предприятия.

**Конкурирующие интересы:** Конкурирующих интересов нет.

## Библиографический список

1. OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, DOI: 10.1787/9789264304604-en
2. Гузырь В.В. Инновационная ESG–трансформация фирм как глобальный тренд устойчивого развития // Экономика и управление инновациями. – 2022. – № 1 (20). – С. 33–43. EDN: <https://www.elibrary.ru/epnegr>
3. Кулагина Н.А., Михеенко О.В. Инновационная трансформация социально-экономической системы России как условие обеспечения ее экономической безопасности // Проблемы теории и практики управления. – 2018. – № 6. – С. 8–16. EDN: <https://www.elibrary.ru/xtcfoh>
4. Шевченко С.А., Кузьмина Е.В., Кузьмина М.И., Трунина В.Ф. Инновационный потенциал и его влияние на экономику региона // Финансовая экономика. – 2019. – № 9. – С. 210–213. EDN: <https://www.elibrary.ru/fnnbpl>

5. Тарасов Д.О., Дубина И.Н. Инновационный потенциал национальных экономик: сопоставительный анализ // Экономика. Профессия. Бизнес. – 2021. – № 3. – С. 116–124. EDN: <https://www.elibrary.ru/msypnj>
6. Леонова М.В., Шинкевич А.И. Совершенствование методов управления инновационным развитием химического комплекса Российской Федерации // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. – 2015. – Т. 1. – С. 397–403. EDN: <https://www.elibrary.ru/vhhrij>
7. Шевцов В.В., Плотников А.В. Ресурсосберегающие технологии – инновационный потенциал регионов // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2016. – № 30. – С. 63–67. EDN: <https://www.elibrary.ru/vlkait>
8. Хадиуллина Г.Н. Технологические инновации как ключевой фактор конкурентоспособности предприятий высокотехнологичного сектора // Горизонты экономики. – 2021. – № 3 (62). – С. 76–80. EDN: <https://www.elibrary.ru/iueevo>
9. Гейда А.С., Гурьева Т.Н., Наумов В.Н. Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть I) // Управленческое консультирование. – 2021. – № 11 (155). – С. 95–108. EDN: <https://www.elibrary.ru/gussrn>
10. Гейда А.С., Гурьева Т.Н., Наумов В.Н. Концептуальные и математические модели, методы и технологии исследования цифровой трансформации экономических и социальных систем: обзор предметного поля (часть II) // Управленческое консультирование. – 2021. – № 12 (156). – С. 111–125. EDN: <https://www.elibrary.ru/tjhrpt>
11. Плеханов Е.А. Состояние и динамика инновационного потенциала региона // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2015. – № 3. – С. 285–289. EDN: <https://www.elibrary.ru/uywhct>
12. Гончарова Е.В. Инновационный потенциал как стратегический фактор экономического развития российских предприятий // Международный журнал экономики и образования. – 2018. – Т. 4. – № 2. – С. 29–46. EDN: <https://www.elibrary.ru/votfrs>
13. Манукян Л.А. Инновационный потенциал современной России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2018. – Т. 8. – № 6А. – С. 113–120. EDN: <https://www.elibrary.ru/xyljil>
14. Моргунов Ю.А. Инновационный потенциал и оценка резервов развития наукоемких технологий машиностроения // Экономические стратегии. – 2019. – Т. 21. – № 2 (160). – С. 126–136. EDN: <https://www.elibrary.ru/btfehs>
15. Алтуфьева Н.В. Теоретические аспекты понятий «инновации» и «инновационный потенциал» в системе социально-экономического развития // Теоретическая экономика. – 2020. – № 11 (71). – С. 67–76. EDN: <https://www.elibrary.ru/fsuelj>
16. Ивашина Н.С. Инновационный потенциал региона: структура и направления роста // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 10 (111). – С. 563–566. EDN: <https://www.elibrary.ru/atcyuq>
17. Калитин Б.С., Шелег Е.А. Модель роста дохода предприятия при снижении выпуска продукции и одновременном повышении цены // Экономика, моделирование, прогнозирование. – 2022. – № 16. – С. 168–176. EDN: <https://www.elibrary.ru/olxklt>
18. Ануфриева А.П. Технологические инновации как современный целевой ориентир региональных подсистем: текущее состояние и региональная дифференциация // Экономика устойчивого развития. – 2019. – № 1 (37). – С. 88–92. EDN: <https://www.elibrary.ru/zcnzjj>
19. Рахманова А.К. Продуктовые и процессные инновации в деятельности коммерческих банков Кыргызской республики // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 12-2 (89). – С. 1094–1097. EDN: <https://www.elibrary.ru/yviyrv>

20. Павлова Ю.В., Пахновская Н.М. Производственные инновации как объект оценки // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 14 (175). – С. 308-314. EDN: <https://www.elibrary.ru/vatzbx>
21. Фурсов В.А., Лазарева Н.В. Повышение инновационного потенциала как фактор развития предприятий промышленного комплекса // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 8 (133). – С. 1278–1282. EDN: <https://www.elibrary.ru/fqvvtqi>
22. Легостаева С.А. Инновационный потенциал предприятия: анализ факторов, его определяющих // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2018. – № 8. – С. 64–69. EDN: <https://www.elibrary.ru/ywrkcd>
23. Москальонов С.А. Инновационный потенциал в региональных производственных функциях VES типа // Симбирский научный вестник. – 2013. – № 4 (14). – С. 126–130. EDN: <https://www.elibrary.ru/vtztrix>
24. Яшин С.Н., Иванов А.Б. Формирование стратегии инновационного развития промышленного предприятия на основе методов портфельного анализа // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 5-2. – С. 302–307. DOI: 10.17513/vaael.2211. EDN: <https://www.elibrary.ru/irnpki>
25. Гильмундинов В.М. Оценка производственной функции с переменным использованием основных фондов в экономике России // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 4 (163). – С. 34–43. EDN: <https://www.elibrary.ru/ykxime>
26. Химин Е.Б. Инновационный потенциал как инструмент управления инновационным развитием предприятия // Сибирский экономический вестник. – 2016. – № 3. – С. 105–116. EDN: <https://www.elibrary.ru/whkofl>
27. Маврина Н.А. Теоретико-методологические аспекты исследования инновационного потенциала промышленного предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. – 2016. – № 6 (388). – С. 122–127. EDN: <https://www.elibrary.ru/whptnx>
28. Бажанова М.И., Кувшинов М.С. Факторы формирования эффективной инновационной среды промышленного предприятия для INDUSTRY 4.0 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2019. – Т. 13. – № 1. – С. 110-119. DOI: 10.14529/em190112. EDN: <https://www.elibrary.ru/zaetfj>
29. Гудкова О.В., Севрюкова С.В. Показатели инновационного развития предприятий регионального уровня в российской экономике // Научное обозрение. Экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 16–20. EDN: <https://www.elibrary.ru/ynqvad>
30. Pyina E.A. Modeling the dynamics of product output by a manufacturing enterprise due to the digital transformation of its workforce. Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and management, Vol. 12, No. 4. – pp. 173-181. DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-4-173-181. EDN: <https://www.elibrary.ru/rokxyd>



## Model of interaction between product and process innovative potential of a manufacturing enterprise

V.I. Aksinin, L.A. Saraev

Samara National Research University, 34,  
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

### Abstract

The published article proposes an economic and mathematical model of the dynamics of development of a multifactor production enterprise, taking into account the interaction of product and process innovation potentials.

The output of the enterprise under consideration is ensured by the Cobb-Douglas production multiplicative function, the parameters of which depend on the levels of product innovation potential and process innovation potential.

A system of differential equations for the balance of an enterprise has been established regarding the volumes of all its resources and the volumes of its product and process innovation potentials.

To manage the processes of gradual introduction of innovative potentials into production, special indicator functions are introduced into the system of differential equations of the model, which determine the time intervals for the deployment of innovative potentials.

The maximum values of the volumes of enterprise resources, the maximum values of the volumes of innovative potentials and the maximum value of the volume of revenue have been calculated.

The numerical solution of the system of differential equations of the developed model makes it possible to obtain dynamic trajectories of enterprise development, on the basis of which, by controlling indicator functions, it is possible to construct various scenarios for the operation of the enterprise.

**Keywords:** volume of output; innovative potential of the enterprise; industrial enterprise; production function; production resources; mixed technological innovations; factors of production; depreciation; product technological innovations; process technological innovations; investments.

---

### Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

⌚ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


#### Please cite this article in press as:

Aksinin V.I., Saraev L.A. Model of interaction between product and process innovative potential of a manufacturing enterprise, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 2, pp. 9–28. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-2-9-28> (In Russian).

#### Authors' Details:

Vladimir I. Aksinin  <http://orcid.org/0000-0001-6959-8053>

Postgraduate Student of the Mathematics and Business Informatics Department;  
e-mail: [aksininvladimir@mail](mailto:aksininvladimir@mail)

Leonid A. Saraev  <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Professor; Professor of the Mathematics and Business Informatics Department; e-mail: [saraevleo@mail.ru](mailto:saraevleo@mail.ru)

Received: Monday 12<sup>th</sup> February, 2024 / Revised: Monday 15<sup>th</sup> April, 2024 /  
Accepted: Monday 29<sup>th</sup> April, 2024 / First online: Friday 28<sup>th</sup> June, 2024

---

**Competing interests:** No competing interests.

## References

1. OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, DOI: 10.1787/9789264304604-en
2. Guzyr V.V. Innovative ESG transformation of firms as a global trend for sustainable development // Economics and innovation management. – 2022. – No. 1 (20). – pp. 33–43. EDN: <https://www.elibrary.ru/epnegr> (In Russ.)
3. Kulagina N.A., Mikheenko O.V. Innovative transformation of the socio-economic system of Russia as a condition for ensuring its economic security // Problems of theory and practice of management. – 2018. – No. 6. – pp. 8–16. EDN: <https://www.elibrary.ru/xtcfoh> (In Russ.)
4. Shevchenko S.A., Kuzmina E.V., Kuzmina M.I., Trunina V.F. Innovative potential and its impact on the regional economy // Financial Economics. – 2019. – No. 9. – pp. 210–213. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41102433>. EDN: <https://www.elibrary.ru/fnnbpl> (In Russ.)
5. Tarasov D.O., Dubina I.N. Innovative potential of national economies: comparative analysis // Economics. Profession. Business. – 2021. – No. 3. – pp. 116–124. EDN: <https://www.elibrary.ru/msypnj> (In Russ.)
6. Leonova M.V., Shinkevich A.I. Improving methods for managing the innovative development of the chemical complex of the Russian Federation // Current problems of economics and management at enterprises of mechanical engineering, oil and gas industry in an innovation-oriented economy. – 2015. – Vol. 1. – pp. 397–403. EDN: <https://www.elibrary.ru/vhhrij> (In Russ.)
7. Shevtsov V.V., Plotnikov A.V. Resource-saving technologies - innovative potential of regions // Strategy for sustainable development of Russian regions. – 2016. – No. 30. – pp. 63–67. EDN: <https://www.elibrary.ru/vlkait> (In Russ.)
8. Khadiullina G.N. Technological innovation as a key factor in the competitiveness of enterprises in the high-tech sector // Economic Horizons. – 2021. – No. 3 (62). – pp. 76–80. EDN: <https://www.elibrary.ru/iueevo> (In Russ.)
9. Geida A.S., Guryeva T.N., Naumov V.N. Conceptual and mathematical models, methods and technologies for researching the digital transformation of economic and social systems: review of the subject field (part I) // Management consulting. – 2021. – No. 11 (155). – pp. 95–108. EDN: <https://www.elibrary.ru/gussrn> (In Russ.)
10. Geida A.S., Guryeva T.N., Naumov V.N. Conceptual and mathematical models, methods and technologies for researching the digital transformation of economic and social systems: overview of the subject field (part II) // Management consulting. – 2021. – No. 12 (156). – pp. 111–125. EDN: <https://www.elibrary.ru/tjhrpt> (In Russ.)
11. Plekhanov E.A. State and dynamics of the region's innovative potential // Bulletin of Omsk University. Series: Economics. – 2015. – No. 3. – pp. 285–289. EDN: <https://www.elibrary.ru/uywhct> (In Russ.)
12. Goncharova E.V. Innovative potential as a strategic factor in the economic development of Russian enterprises // International Journal of Economics and Education. – 2018. – Vol. 4. – No. 2. – pp. 29–46. EDN: <https://www.elibrary.ru/votfrs> (In Russ.)

13. Manukyan L.A. Innovative potential of modern Russia // Economics: yesterday, today, tomorrow. – 2018. – Vol. 8. – No. 6A. – pp. 113–120. EDN: <https://www.elibrary.ru/xyljil> (In Russ.)
14. Morgunov Yu.A. Innovative potential and assessment of reserves for the development of high-tech mechanical engineering technologies // Economic strategies. – 2019. – Vol. 21. – No. 2 (160). – pp. 126–136. EDN: <https://www.elibrary.ru/btfehs> (In Russ.)
15. Altufieva N.V. Theoretical aspects of the concepts of “innovation” and “innovative potential” in the system of socio-economic development // Theoretical Economics. – 2020. – No. 11 (71). – pp. 67–76. EDN: <https://www.elibrary.ru/fsuelj> (In Russ.)
16. Ivashina N.S. Innovative potential of the region: structure and directions of growth // Economics and Entrepreneurship. – 2019. – No. 10 (111). – pp. 563–566. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42529939>. EDN: <https://www.elibrary.ru/atcyyq> (In Russ.)
17. Kalitin B.S., Sheleg E.A. Model of enterprise income growth with a decrease in output and a simultaneous increase in prices // Economics, modeling, forecasting. – 2022. – No. 16. – pp. 168–176. EDN: <https://www.elibrary.ru/olxklt> (In Russ.)
18. Anufrieva A.P. Technological innovation as a modern target for regional subsystems: current state and regional differentiation // Economics of sustainable development. – 2019. – No. 1 (37). – pp. 88–92. EDN: <https://www.elibrary.ru/zcnzjj> (In Russ.)
19. Rakhmanova A.K. Product and process innovations in the activities of commercial banks of the Kyrgyz Republic // Economics and Entrepreneurship. – 2017. – No. 12–2 (89). – pp. 1094–1097. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32767424>. EDN: <https://www.elibrary.ru/yviyrv> (In Russ.)
20. Pavlova Yu.V., Pakhnovskaya N.M. Production innovations as an object of assessment // Bulletin of the Orenburg State University. – 2014. – No. 14 (175). – pp. 308–314. EDN: <https://www.elibrary.ru/vatzbx> (In Russ.)
21. Fursov V.A., Lazareva N.V. Increasing innovation potential as a factor in the development of industrial enterprises // Economics and Entrepreneurship. – 2021. – No. 8 (133). – pp. 1278–1282. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47174118>. EDN: <https://www.elibrary.ru/fqvvqi> (In Russ.)
22. Legostaeva S.A. Innovative potential of an enterprise: analysis of the factors that determine it // Education and science without borders: fundamental and applied research. – 2018. – No. 8. – pp. 64–69. EDN: <https://www.elibrary.ru/ywrkcd> (In Russ.)
23. Moskalinov S.A. Innovative potential in regional production functions of VES type // Simbirsk Scientific Bulletin. – 2013. – No. 4 (14). – pp. 126–130. EDN: <https://www.elibrary.ru/vtztrx> (In Russ.)
24. Yashin S.N., Ivanov A.B. Formation of a strategy for innovative development of an industrial enterprise based on portfolio analysis methods // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2022. – No. 5–2. – pp. 302–307. DOI: 10.17513/vaael.2211. EDN: <https://www.elibrary.ru/irnpki> (In Russ.)
25. Gilmundinov V.M. Estimation of the production function with variable use of fixed assets in the Russian economy // Problems of forecasting. – 2017. – No. 4 (163). – pp. 34–43. EDN: <https://www.elibrary.ru/ykxime> (In Russ.)
26. Khimin E.B. Innovative potential as a tool for managing the innovative development of an enterprise // Siberian Economic Bulletin. – 2016. – No. 3. – pp. 105–116. EDN: <https://www.elibrary.ru/whkof1> (In Russ.)
27. Mavrina N.A. Theoretical and methodological aspects of studying the innovative potential of an industrial enterprise // Bulletin of the Chelyabinsk State University. – 2016. – No. 6 (388). – pp. 122–127. EDN: <https://www.elibrary.ru/whptnx> (In Russ.)

28. Bazhanova M.I., Kuvshinov M.S. Factors in the formation of an effective innovative environment of an industrial enterprise for INDUSTRY 4.0 // Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and management. – 2019. – Vol. 13. – No. 1. – pp. 110–119. DOI: 10.14529/em190112. EDN: <https://www.elibrary.ru/zaetfj> (In Russ.)
29. Gudkova O.V., Sevryukova S.V. Indicators of innovative development of regional enterprises in the Russian economy // Scientific review. Economic Sciences. – 2018. – No. 3. – pp. 16–20. EDN: <https://www.elibrary.ru/ynqvad> (In Russ.)
30. Ilyina E.A. Modeling the dynamics of product output by a manufacturing enterprise due to the digital transformation of its workforce. Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and management, Vol. 12, No. 4. – pp. 173–181. DOI: 10.18287/2542-0461-2021-12-4-173-181. EDN: <https://www.elibrary.ru/rokxyd> (In Russ.)