

УДК 005

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ, СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

Большаков Борис Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой устойчивого инновационного развития Института системного анализа и управления Университета «Дубна», руководитель Международной научной школы устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова

Шевенина Екатерина Владимировна, аспирант кафедры устойчивого инновационного развития Института системного анализа и управления Университета «Дубна»

### **Аннотация**

*В статье рассматриваются методологические основания измерения, системного анализа и управления устойчивым развитием сложных систем на основе универсальных мер. Авторы предлагают подход, который позволяет: провести анализ состояния сложной системы, планирование, организацию и контроль изменений в универсальных системных мерах – единицах мощности; диагностировать текущее состояние системы управления, определить уровень безопасности развития системы, оценить риски, а также выработать плано-организационные решения в соответствии с функциями и потребностями системы для обеспечения ее устойчивого развития.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** устойчивое развитие, системный анализ, бездефектное управление, безопасность, сложная система, универсальная мера, мощность, соразмерность, соизмерение, риск.

## **METHODOLOGICAL BASIS FOR MEASUREMENT, SYSTEM ANALYSIS AND MANAGEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF COMPLEX SYSTEMS**

Bolshakov Boris Evgenievich, Doctor of Engineering, professor, RANS academician, head of Sustainable Innovative Development Department at Systems Analysis and Management Institute of “Dubna” University

Shevenina Ekaterina Vladimirovna, post-graduate student of Sustainable Innovative Development Department at Systems Analysis and Management Institute of “Dubna” University

### **Abstract**

*This article discusses the methodological base of measurement, system analysis and management of sustainable development of complex systems based on universal measures. The authors propose an approach that allows: an analysis of the state of a complex system of planning, organization and control of changes in the system of universal measures - power units; to diagnose the current state of the control system to determine the safety level of the system development, assess the risks and develop planning and organizational solutions in accordance with the functions and the system needs to ensure its sustainable development.*

**KEYWORDS:** sustainable development, systems analysis, zero-defect management, security, complex system, universal measure of power, proportionality, commensuration, risk.

### **Введение**

Осознание учеными негативных последствий взаимодействия природы и общества привело к формулировке иных задач на XXI век. Повестка дня развития на период до 2030 года направлена на решение проблем согласования потребности общества с экологическими возможностями планеты и способностью биосферы справляться с последствиями человеческой деятельности (итоги конференции ООН по устойчивому развитию «Рио+20»).

Одна из целей устойчивого развития (в соответствии с концепцией «Цели устойчивого развития») – создание устойчивых моделей производства и потребления. В рамках данной цели поставлена задача: к 2030 году достичь устойчивого управления и эффективного использования природных ресурсов.

Ведущей тенденцией становится поиск универсальных параметров управления безопасностью и развитием производственных систем, снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций.

Это и объясняет актуальность проблемы бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем как одного из основных этапов перехода страны на устойчивый инновационный путь развития, обеспечивающий сохранение развития общества во взаимодействии с окружающей средой в долгосрочной перспективе.

Критический анализ методов, используемых в настоящее время при оценке состояния системы, в планировании и управлении различными социально-экономическими системами [15], показал, что основная проблема управления развитием – это проблема измерения и соизмерения разнородных материальных, информационных, энергетических, финансовых и других потоков. Отсутствие единой системы универсальных мер, дающих возможность надежно измерить и проанализировать эффективность управления разнородными процессами – это главная причина неудач на пути к устойчивому развитию.

### **1. Фундаментальная основа моделей бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем**

Фундаментальную основу моделей бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем составляет таблица универсальных пространственно временных величин (сокращенно *LT*-система). Описание *LT*-системы широко представлено в работах Научной школы устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова. [4, 8, 12].

Используя *LT*-систему, все физически измеряемые величины можно представить в виде произведения целочисленных степеней длины  $L^R$  и времени  $T^S$ , где  $R$  и  $S$  – целые (положительные и отрицательные) числа от  $-\infty$  до  $+\infty$ . Таким образом, в *LT*-системе все физические величины: масса, объем, энергия, мощность, сила, информация и другие являются определенной системой координат, существующей в реальном мире как результат взаимодействия времени и пространства или бестелесного - телесного мира. Масса имеет размерность  $[L^3T^{-2}]$ , объем -  $[L^3T^0]$ , энергия –  $[L^5T^{-4}]$ , поток энергии или мощность –  $[L^5T^{-5}]$ , сила –  $[L^4T^{-4}]$ , а информация  $[L^0T^S]$ .

Универсальная величина  $[L^R T^S]$  – это тензор, имеющий качественно-количественную структуру, где качество – это имя, пространственно-временная размерность и единица измерения, а количество – это численное значение величины [4].

Каждая  $LT$ -величина – это класс систем реального мира или качество. Любая  $LT$ -величина, оставаясь неизменной в определенном классе систем, является законом сохранения этого класса систем. Законов может быть столько, сколько существует  $LT$ -величин.

Общим законом Природы является утверждение о том, что  $LT$ -величина *остаётся постоянной, являясь инвариантом определенного класса систем*. Стандартное изображение общего закона природы на  $LT$ -языке выглядит так:

$$[L^R T^S] = const$$

В работах Научной школы устойчивого развития (Московская обл., г. Дубна) для решения проблем соразмерности и соизмеримости в проектировании устойчивого инновационного развития используется инвариантная мера «мощность» на основе закона сохранения мощности (Ж.Л. Лагранж, Дж.К. Максвелл, Г. Крон, П.Г. Кузнецов), принципа сохранения развития (С.А. Подолинский, В.И. Вернадский, Э.С. Бауэр, П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков), принципа устойчивого развития в единицах мощности (П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков) [3, 4, 8, 10].

Закон сохранения мощности – это утверждение о том, что в открытой для потоков энергии системе (какой и является любая производственная система) полная мощность  $N$  равна сумме активной (полезной) мощности  $P$  и мощности потерь  $G$  (рис. 1):

$$N(t) = P(t) + G(t),$$

$$P(t) = N(t) \cdot \varphi(t),$$

$$\varphi(t) = \eta(t) \cdot \varepsilon(t),$$

где  $N(t)$  – суммарное потребление природных энергоресурсов или полная мощность;

$P(t)$  – совокупный конечный продукт или полезная мощность;

$G(t)$  – мощность потерь или потери мощности;

$\varphi(t)$  – эффективность использования ресурсов (ЭИР);

$\eta(t)$  – обобщенный коэффициент совершенства технологий (КСТ);

$\varepsilon(t)$  – коэффициент качества планирования, определяемый по наличию или отсутствию потребителя на произведенный продукт [5, 8].

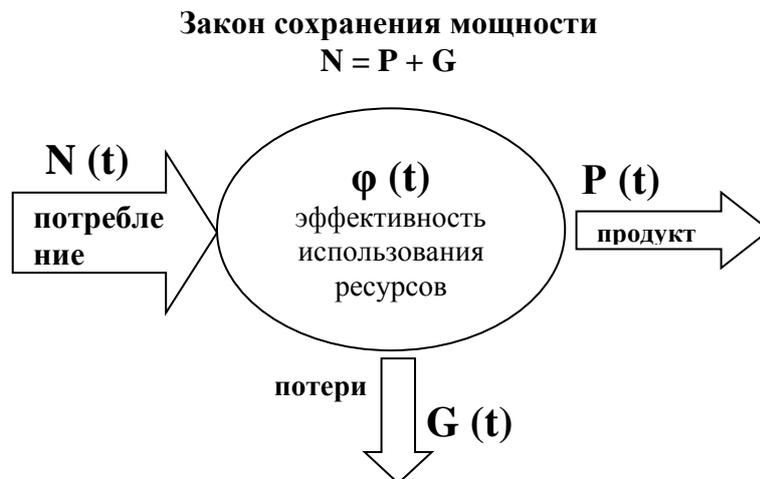


Рис. 1. Закон сохранения мощности [5, 8]

Объясняется, что устойчивое инновационное развитие – это процесс роста возможностей удовлетворять неисчезающие потребности системы, выраженные в единицах мощности (полезная мощность), за счет повышения качества управления и реализации новаций (перспективных идей, более совершенных технологий, прорывных проектов), обеспечивающие неубывающий темп роста эффективности использования ресурсов, уменьшение потребления (полная мощность) и потерь мощности в условиях негативных внешних и внутренних воздействий.

Указанные группы мощностей (полная, полезная и мощность потерь) определяют базовые параметры состояния открытых систем любой природы и различного назначения, используемые в качестве объектов проектного управления устойчивым развитием [8].

## 2. Система базовых параметров бездефектного управления развитием территориальных и производственных систем

Любая производственная система – это открытая система, которая обменивается потоками энергии и, в силу этого, может эволюционировать на всех стадиях своего существования.

Фундаментальным законом всех живых систем является закон сохранения мощности (потока энергии). Этот закон означает, что при всех возможных преобразованиях (изменениях) открытой системы, ее качественная определенность, имеющая размерность мощности, остается неизменной.

Существуют разные виды мощности как меры открытой (в том числе и производственной) системы, которые представляют собой совокупность параметров устойчивого развития.

1. Мощность, характеризующая потенциальную возможность производственной системы – полная мощность ( $N$ ) – суммарное потребление за определенное время  $t$

всех видов энергоресурсов (электроэнергия, теплоэнергия, топливо, продукты питания), выраженных в единицах мощности (Вт):

$$N(t) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n N_{ij}(t) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n k_j(t) \cdot b_{ij}(t), \text{ где}$$

$N(t)$  – суммарное потребление производственной системой энергоресурсов за в единицах мощности за время  $t$ ;

$N_{1j}(t)$  – потребление электроэнергии на выпуск  $j$ -ого продукта;

$N_{2j}(t)$  – потребление тепловой энергии на выпуск  $j$ -ого продукта;

$N_{3j}(t)$  – потребление топлива на выпуск  $j$ -ого продукта;

$N_{4j}(t)$  – потребление продуктов питания на выпуск  $j$ -ого продукта;

$k_j(t)$  – число единиц  $j$ -ого продукта, выпускаемого за час;

$b_{ij}(t)$  – фактические затраты энергии на единицу  $j$ -ого продукта;

$n$  – все виды продукта, выпускаемые производственной системой.

2. Мощность, характеризующая технологическую возможность производственной системы – полезная мощность ( $P'$ ) – совокупный произведенный продукт за время  $t$ , выраженный в единицах мощности.

$$P'(t) = N(t) \cdot KCT,$$

где  $KCT$  – обобщенный коэффициент совершенства технологий:

$$KCT = \frac{1}{m} \cdot \sum_j \eta_j,$$

$\eta_j$  – КПД  $j$ -ой технологии;

$$\eta_j = \frac{g_j(t)}{b_j(t)},$$

$g_j(t)$  – теоретический расход мощности по технологическому паспорту;

$b_j(t)$  – фактический расход мощности;

$m$  – количество используемых технологий при выполнении работы.

3. Мощность, характеризующая экономическую возможность производственной системы ( $P$ ) – совокупный произведенный и реализованный продукт за время  $t$ .

$$P(t) = P'(t) \cdot \varepsilon(t),$$

$$\text{где } \varepsilon(t) = \begin{cases} = 1 - \text{есть потребитель;} \\ = 0 - \text{нет потребителя;} \\ = -1 - \text{есть вредитель.} \end{cases}$$

$\varepsilon(t)$  – качество планирования (коэффициент наличия или отсутствия потребителя на результат выполненной работы) – доля произведенной продукции за время  $t$ , обеспеченная потребителем.

Отношение экономической возможности к потенциальной определяет эффективность использования ресурсов ( $\varphi$ ):

$$\varphi(t) = \frac{P(t)}{N(t)} = KCT(t) \cdot \varepsilon(t).$$

4. Мощность, характеризующая упущенные возможности производственной системы – мощность потерь ( $G$ ), - определяется разностью между потенциальной и технологической возможностями:

$$G(t) = N(t) - P'(t)$$

Другими словами, это дефекты производственной системы.

5. Интегральная возможность производственной системы ( $K$ ) – это социально-экономико-экологическая возможность, которая характеризует конкурентоспособность производственной системы, выраженная в единицах мощности.

$$K_{ПС}(t) = s(t) \cdot R(t) \cdot q(t),$$

где  $K_{ПС}(t)$  - конкурентоспособность производственной системы;

$s$  – доля производственной системы на рынке:

$$s(t) = \frac{P(t)}{P_{общ}(t)},$$

$P(t)$  – объем реализованного на рынке продукта производственной системой за время  $t$ ;

$P_{общ}(t)$  – суммарный объем продаж всеми производственными системами за время  $t$ .

$R(t) = \frac{P(t)}{M(t)}$  - уровень производительности труда в производственной системе,

$M(t)$  – число работников, занятых в производстве,

$q(t) = \frac{G(t - \tau_0)}{G(t)}$  - качество окружающей природной среды.

Производственная система А конкурентоспособнее производственной системы Б, если:

$$K_A(t) > K_B(t)$$

Таким образом, имеем систему параметров бездефектного управления развитием производственной системы, характеризующую технологические, экономические, социальные и экологические возможности и потребности системы (таблица 1).

**Таблица 1. Система базовых параметров бездефектного управления развитием производственной системы**

№ п/п	Название	Условное обозначение	Единицы измерения	Формулы
1	Полная мощность или суммарное потребление природных энергоресурсов за определенный период времени	$N(t)$	Ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$N(t) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n N_{ij}(t),$ $N_{1j}(t), N_{2j}(t) \dots N_{4j}(t)$ – суммарное потребление энергоресурсов в единицах мощности на производство $j$ -ого продукта; $N_{1j}$ – суммарное потребление электроэнергии; $N_{2j}$ – суммарное потребление теплоты; $N_{3j}$ – суммарное потребление топлива; $N_{4j}$ – суммарное потребление продуктов питания.
2	Полезная мощность или конечный продукт за определенный период времени	$P(t)$	Ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$P(t) = N(t) \times KCT \times \varepsilon(t)$ $KCT$ – обобщенный КПД технологий $\varepsilon(t)$ – качество планирования
3	Потери мощности за определенный период времени	$G(t)$	Ватт (Вт, кВт, МВт, ГВт)	$G(t) = N(t) - P(t)$
4	Эффективность использования полной мощности за определенный период времени	$\varphi(t)$	Безразмерные единицы	$\varphi(t) = \frac{P(t)}{N(t)}$
5	Уровень производительности труда в производственной системе за определенный период времени	$R(t)$	Ватт на человека	$R(t) = \frac{P(t)}{M(t)},$ $M(t)$ – число работников, занятых в производстве
6	Качество окружающей природной среды	$q(t)$	Безразмерные единицы	$q(t) = \frac{G(t - \tau_0)}{G(t)},$ $G(t - \tau_0)$ – мощность потерь предыдущего периода; $G(t)$ – мощность потерь текущего периода.
7	Конкурентоспособность производственной системы	$K_{ПС}(t)$	Ватт на человека	$K_{ПС}(t) = s(t) \cdot R(t) \cdot q(t),$ $s(t)$ – доля производственной системы на рынке: $s(t) = \frac{P(t)}{P_{общ}(t)},$ $P_{общ}(t)$ – суммарный объем продаж всеми производственными системами за время $t$ .

На рис. 2 представлены показатели бездефектного управления производственной системой на основе универсальных мер с указанием их пространственно-временных размерностей.

$t_p(t)$  – рабочее время, затраченное на производство  $j$ -го продукта [ $L^0T^{-1}$ ];  
 $g_j(t)$  – теоретический минимум расхода энергии на единицу  $j$ -той продукции  
 $b_j(t)$  – фактический расход энергии на единицу  $j$ -той продукции [ $L^3T^{-5}$ ],  
 $k_j(t)$  – число единиц  $j$ -го продукта, выпускаемого за 1 час  
 $\eta_j(t)$  – КПД используемой технологии в производственном процессе [ $L^0T^0$ ];  
 $\varepsilon$  – качество планирования и управления производственным процессом [ $L^0T^0$ ];  
 $R(t)$  – производительность труда [ $L^3T^{-5}$ ];  
 $M_j$  – количество работников, занятых в производстве  $j$ -го продукта.  
 $\varphi$  – эффективность использования ресурсов [ $L^0T^0$ ].

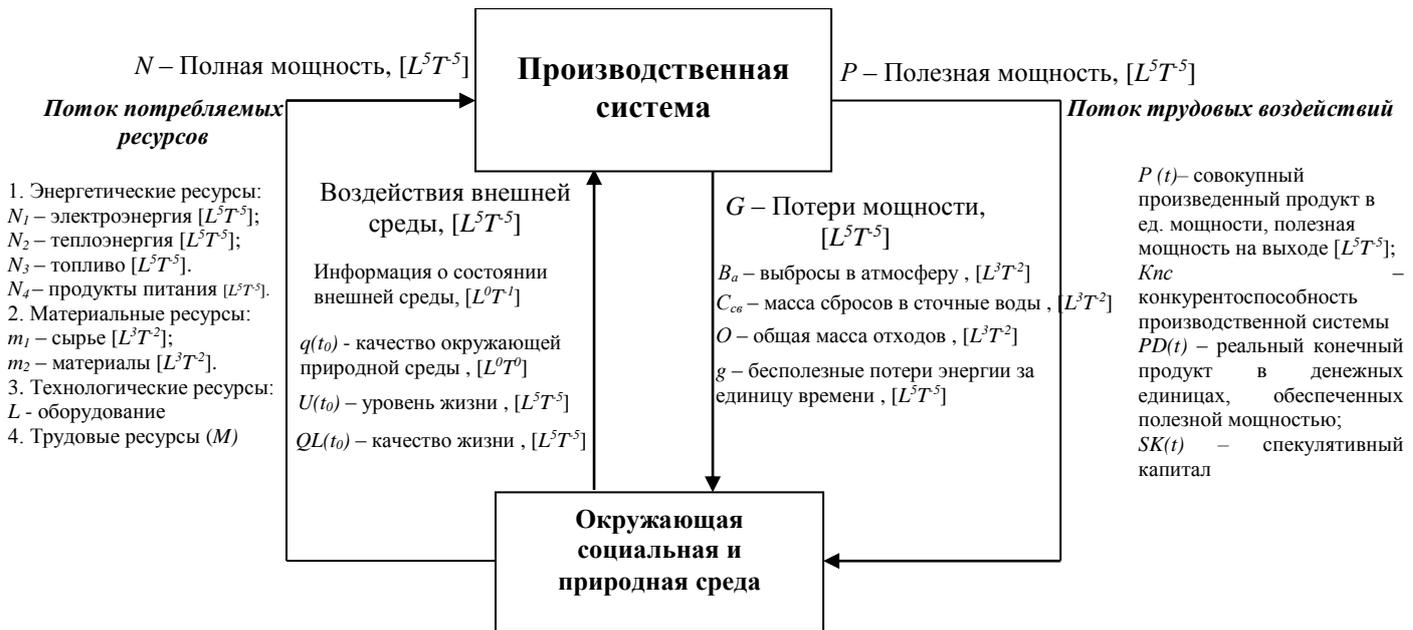


Рис. 2. Схема показателей производственной системы на основе универсальных системных мер

### 3. Критерии безопасности территориальных и производственных систем

Под *безопасностью* понимается сохранение развития производственной системы.

Критерий устойчивого развития (П.Г. Кузнецов, О.Л. Кузнецов, Б.Е. Большаков) – это утверждение о том, что развитие сохраняется в долгосрочной перспективе, если:

$$\begin{cases} \dot{P} \cdot T = \dot{P}_0 \cdot \tau + \ddot{P} \cdot \tau^2 + \dddot{P} \cdot \tau^3 > 0, \\ \dot{\phi} \cdot T = \dot{\phi}_0 \cdot \tau + \ddot{\phi} \cdot \tau^2 + \dddot{\phi} \cdot \tau^3 > 0, \\ \dot{G} \cdot T = \dot{G}_0 \cdot \tau + \ddot{G} \cdot \tau^2 + \dddot{G} \cdot \tau^3 < 0, \\ \dot{N} \cdot T = const. \end{cases}$$

где  $\tau$  – шаг масштабирования (для страны 3 года);

$T$  – фиксированный период устойчивого развития,  $\tau < T \leq \tau^3$ ,

$\dot{P} \cdot T$  – изменение  $P$  в течение периода  $T$ ,

$\dot{\phi} \cdot T$  - изменение  $\phi$  за время  $T$ ,

$\dot{G} \cdot T$  - изменение  $G$  за время  $T$ ,

$\dot{N} \cdot T$  - изменение  $N$  в течение периода  $T$ .

На этой основе сформулированы уровни безопасности и критерии оценки состояния производственной системы (рис. 3):

1. «Нулевой рост» или стагнация – отсутствие роста полезной мощности системы за определенный период (год, квартал) – свидетельствует об отсутствии позитивных сдвигов.

$$\Delta P(t) \cdot t = 0.$$

2. Экстенсивный рост – увеличение полезной мощности за определенный период (год, квартал) за счет привлечения ресурсов извне, а не за счет увеличения эффективности использования ресурсов ( $\varphi$ ). Этот тип изменений нарушает хроноцелостность процесса: в течение одного, сравнительно короткого, периода времени имеет место рост реальных возможностей (полезной мощности), через короткое время рост реальных возможностей прекратиться и система будет подвержена деградации.

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t > 0, \\ \Delta N(t) \cdot t > 0, \\ \Delta \varphi(t) \cdot t = 0. \end{cases}$$

3. Интенсивный рост или развитие – ускоренный рост полезной мощности системы за определенный период (год, квартал) за счет повышения эффективности использования ресурсов ( $\varphi$ ) посредством применения инновационных технологий.

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t > 0, \\ \Delta^2 P(t) \cdot t^2 > 0, \\ \Delta \varphi(t) \cdot t > 0. \end{cases}$$

4. Устойчивое развитие – неубывающий темп роста полезной мощности системы за определенный период (год, квартал) за счет ускоренного повышения эффективности использования ресурсов ( $\varphi$ ) посредством применения прорывных технологий.

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t > 0, \\ \Delta^2 P(t) \cdot t^2 > 0, \\ \Delta^3 P(t) \cdot t^3 > 0, \\ \Delta \varphi(t) \cdot t > 0, \\ \Delta^2 \varphi(t) \cdot t^2 > 0. \end{cases}$$

5. Спад – уменьшение полезной мощности системы за определенный период (год, квартал) – изменение типа «уменьшение возможностей удовлетворять неисчезающие потребности».

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t < 0, \\ \Delta G(t) \cdot t > 0. \end{cases}$$

6. Ускоренный спад – ускоренное уменьшение полезной мощности системы («отрицательный рост») за определенный период (год, квартал).

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t < 0, \\ \Delta^2 P(t) \cdot t^2 < 0, \\ \Delta G(t) \cdot t > 0, \\ \Delta^2 G(t) \cdot t^2 > 0. \end{cases}$$

7. Деградация – уменьшение темпов роста полезной мощности системы за определенный период (год, квартал) - изменение типа «уменьшение возможностей удовлетворять неисчезающие потребности».

$$\begin{cases} \Delta P(t) \cdot t < 0, \\ \Delta^2 P(t) \cdot t^2 < 0, \\ \Delta^3 P(t) \cdot t^3 < 0, \\ \Delta G(t) \cdot t > 0, \\ \Delta^2 G(t) \cdot t^2 > 0, \\ \Delta^3 G(t) \cdot t^3 > 0. \end{cases}$$

8. Смерть – полезная мощность или способность живой системы совершать полезную внешнюю работу равна нулю.

$$\begin{cases} P(t) = 0, \\ G(t) = N(t), \\ N(t) > 0. \end{cases}$$

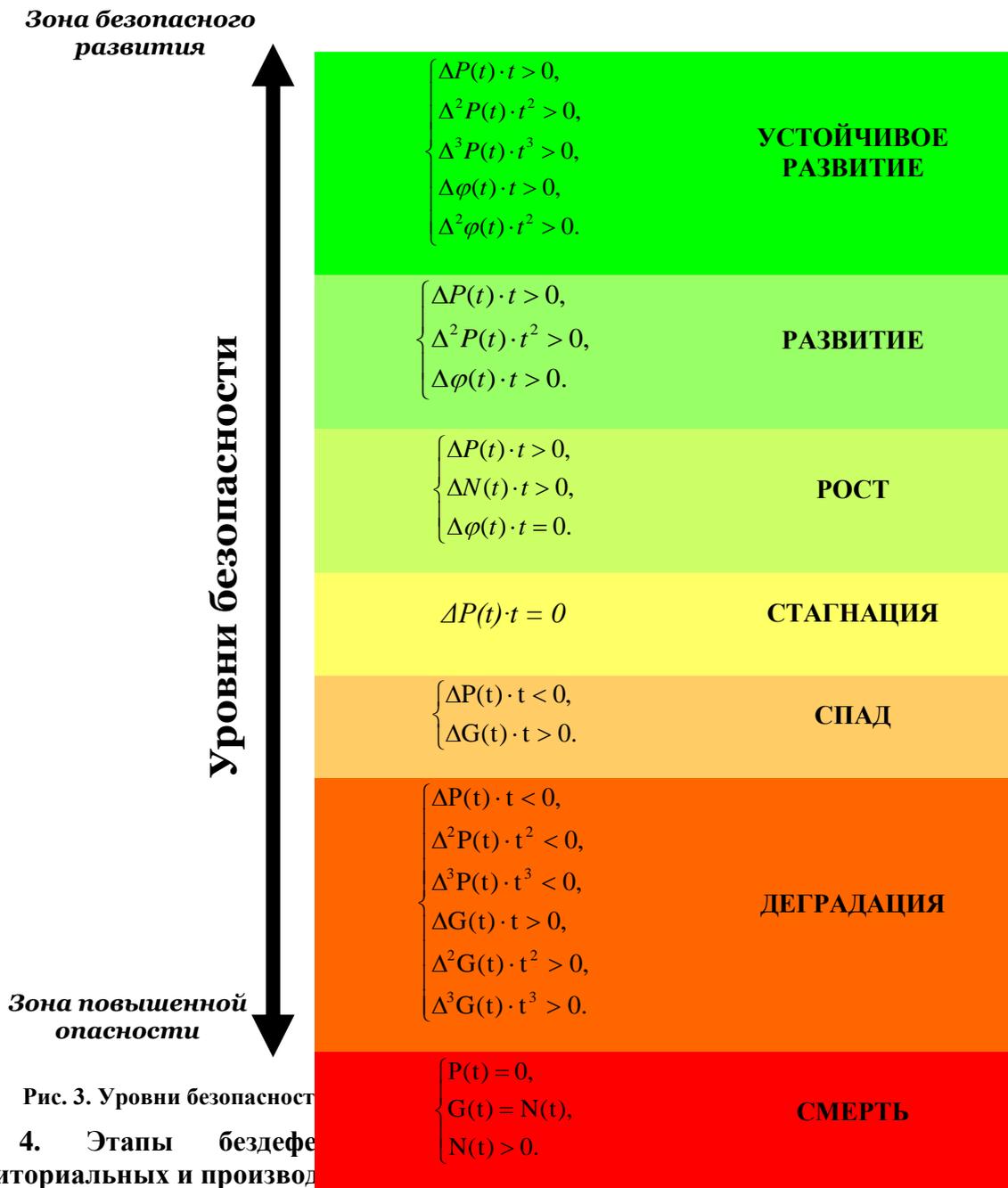


Рис. 3. Уровни безопасности

4. Этапы бездефектного проектирования территориальных и производственных систем

Этап 1. «Учет» - точный учет имеющихся в производственной системе технических средств. Данный этап необходим для составления плана работ по проектированию устойчивого развития системы.

На данном этапе составляется список всех технических средств, используемых при производстве продукта (*m*):

Обозначение технического средства	Наименование
ТС-1	
ТС-2	
...	
ТС- <i>m</i>	

Этап 2. «Оценка» - количественная оценка возможностей имеющихся технических средств (на основании технологического паспорта технического средства и производственного оборудования).

Этап заключается в определении параметра  $N_{теор.}(t)$  – потенциальная возможность технического средства (Вт):

$$N_{теор.}(t) = g_j(t) \cdot t_j,$$

$g_j(t)$  - потребляемая мощность j-ого ТС по тех. паспорту (Вт/ч);

$t_j$  - теоретически необходимое время работы j-ого ТС при изготовлении продукта (либо при выполнении заказа) (ч) – рассчитывается, исходя из параметра скорости выпуска продукта по тех.паспорту.

Этап 3. «Эффективность» - расчет и оценка эффективности использования имеющихся технологических возможностей (сравнение фактических параметров с данными, полученными на предыдущем этапе).

Заключается в определении параметров  $N, P, \eta, KCT$ :

$$N_j(t) = g_j(t) \cdot t_{факт},$$

$N_j(t)$  – фактическое потребление мощности j-ым ТС

$t_{факт}$  - фактическое время работы j-ого ТС при изготовлении продукта (либо при выполнении заказа) (ч) – рассчитывается, исходя из фактической скорости выпуска продукта.

$$\eta_j(t) = \frac{N_{теор.}(t)}{N_j(t)},$$

$\eta_j(t)$  - КПД j-ого ТС

$$KCT = \frac{1}{m} \cdot \sum_j \eta_j,$$

KCT – обобщенный коэффициент совершенства технологий (технических средств).

$$P(t) = N(t) \cdot KCT,$$

$P(t)$  - технологическая возможность производственной системы;

$N(t)$  - суммарное потребление мощности всеми ТС:  $N(t) = \sum_{j=1}^m N_j(t)$

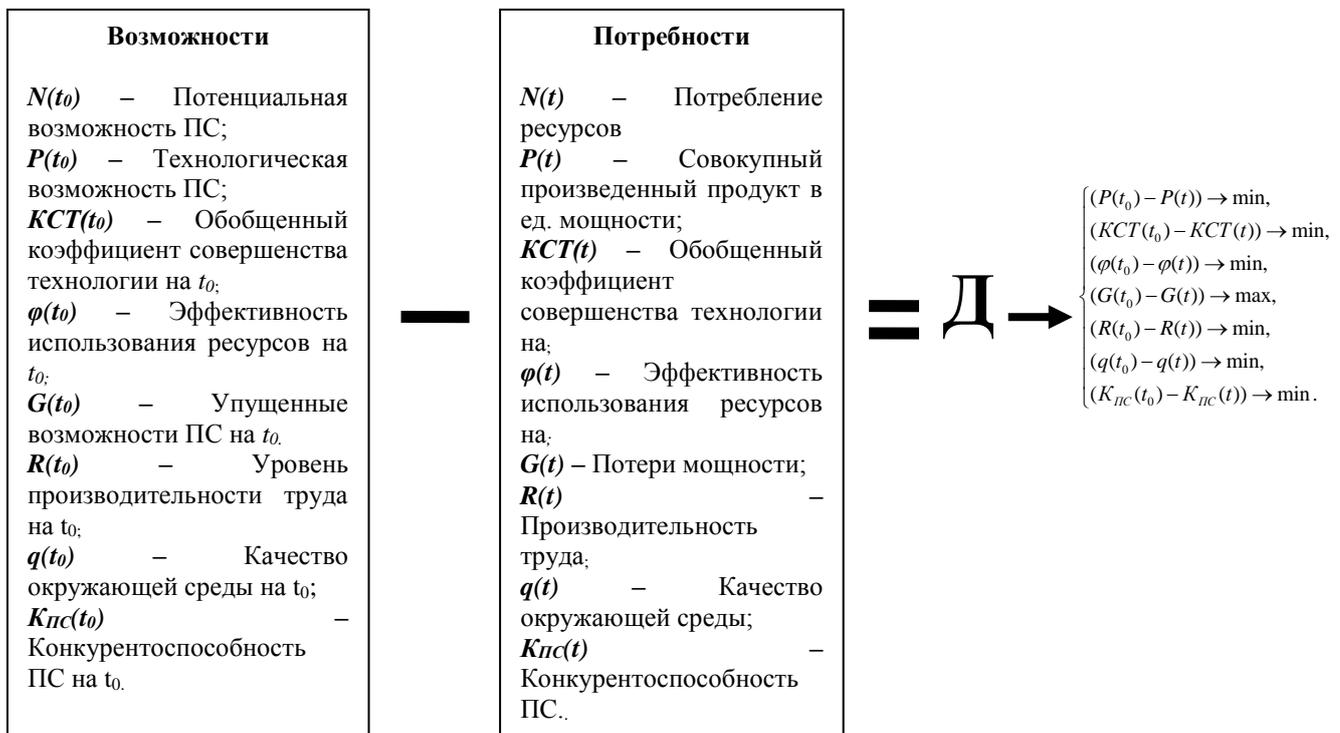
Обозначение ТС	Наименование ТС	$N_{теор.}(t)$ , Вт	$N_j(t)$ , Вт	$\eta_j(t)$
ТС-1				
ТС-2				
...				
ТС- $m$				
			$N(t) = \sum_{j=1}^m N_j(t)$	$KCT = \frac{1}{m} \cdot \sum_j \eta_j$
			$P(t) = N(t) \cdot KCT$	
			$G(t) = N(t) - P(t)$	

Этап 4. «Дефекты» - расчет и оценка дефектов, выявление неполадок в системе управления, сдерживающих оптимальное использование технических средств.

Заключается в составлении дефектной ведомости и определении величины дефектов (неудовлетворенных потребностей) системы.

Этап 5. «Планирование» - разработка мероприятий по совершенствованию системы управления (с целью устранения факторов, сдерживающих эффективное использование технических средств производственной системы); организация работ по реализации комплексных целевых программ.

Определение целевых параметров производственной системы.



Реализация целевой программы предполагает на каждой стадии проектирование изменений в системе оперативного управления уже изменившимся производственным процессом.

Потребности	Атрибуты плана					
	Кто	Что	Когда	Где	Сколько	Как
$(P(t_0) - P(t)) \rightarrow \min,$ $(KCT(t_0) - KCT(t)) \rightarrow \min,$ $(\varphi(t_0) - \varphi(t)) \rightarrow \min,$ $(G(t_0) - G(t)) \rightarrow \max,$ $(R(t_0) - R(t)) \rightarrow \min,$ $(q(t_0) - q(t)) \rightarrow \min,$ $(K_{nc}(t_0) - K_{nc}(t)) \rightarrow \min.$						

Рис. 4. Матрица бездефектного управления безопасностью производственной системы

Это реализуется с помощью символического заместителя в виде ядра с раскрашенными секторами, который «изображает» один столбец плана. Реализация плана-матрицы осуществляется за счет построения ядерной сети (рис. 5).

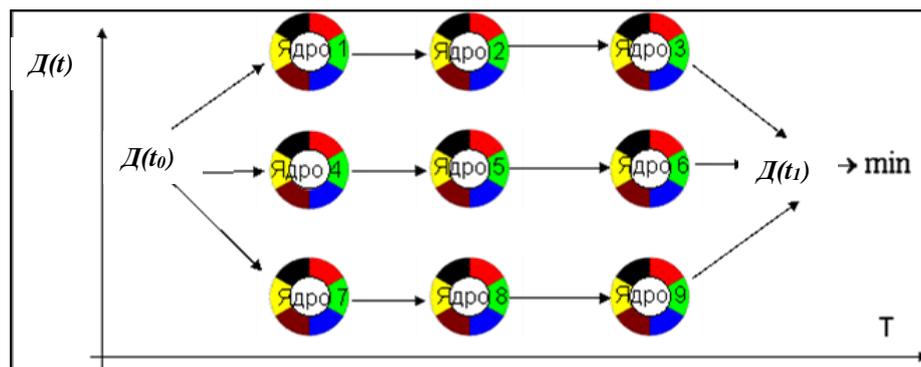


Рис. 5. План бездефектного управления развитием производственной системы как ядерная сеть

### Заключение

Изложенные в статье методологические принципы бездефектного управления безопасностью и развитием территориальных и производственных систем, на наш взгляд, отвечают требованиям устойчивого развития относительно соразмерности и соизмеримости разнокачественных понятий. Модель управления развитием, построенная на этих принципах, позволит не только оценивать текущее состояние социально-экономической системы, выявлять дефекты в системе управления, выработать необходимые планово-экономические решения и осуществлять контроль над их выполнением, но и реализовывать процедуру прогнозирования изменения возможностей и потребностей данной системы в будущем на основе универсальных мер. Разрабатываемая модель дает возможность «увидеть» ближайшее и отдаленное будущее изучаемой системы, оценить риски и на этой основе выстраивать тактические и стратегические планы развития в целом.

### Литература

1. Афанасьев В.Г. Научно-техническая революция, управление, образование. — М.: Политиздат, 1972.
2. Афанасьев В.Г. Системный анализ. «Диакоптика» Г. Крона // О ситуации в России. Альманах «Восток»: №4/5 (28/29) (апрель-май), 2005.
3. Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. — М.: РАЕН, 2011. — 272 с.
4. Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л. Инженерия устойчивого развития. — М.: РАЕН, 2012. — 507 с.
5. Большаков Б.Е., Сальников В.Г. Проблема соизмерения безопасности развития на основе общих законов природы: идолы и идеалы // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление»: том 8, № 1 (14), 2012. — С. 20-66.
6. Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Системный анализ методов проектирования и управления устойчивым развитием // Науковедение: интернет-журнал: №4, 2012.
7. Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Технологические основы управления региональным и отраслевым устойчивым инновационным развитием с использованием измеримых величин: учебно-методическое пособие / Интернет-портал «Научная школа устойчивого развития» (0220712064), <http://lt-nur.uni-dubna.ru> (гос. регистрация №11265 от 11.10.2006 г.), 2011. — 108 с.
8. Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Управление новациями: проектирование систем устойчивого инновационного развития. — Lambert Academic Publishing (Германия), 2013. — 301 с.
9. Забелин С., Кортен Д., Медоуз Д., Норберг-Ходж Х., Шуберт К. Глобализация или устойчивое развитие. — М.: СоЭС, 1998.
10. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе «природа – общество – человек»: учебное пособие. — СПб.: Гуманистика, 2002. — 616 с.
11. Кузнецов П.Г., Пшеничников С.Б., Образцова Р.И. Инженерно-экономический анализ транспортных систем: методология проектирования автоматизированной системы управления / Под ред. К.В.Фролова. 2-е изд., стереотип. — М.: Радио и связь, 1996. — 192 с.
12. Осетров Е.С. Разработка модели маркетингового управления потребностями в социально-экономических системах с использованием измеримых величин // Вестник КРСУ. Экономика и государство: том 8, №6, 2008. — С. 22-27.

13. Пуденко С. Политэкономия труда и физическая экономика по Побиску Кузнецову // О ситуации в России. Альманах «Восток»: №11/12 (декабрь), 2003.
14. Седов С.Б. Концепция устойчивого развития экономики // Труды СТА: Выпуск 2 (февраль) Юриспруденция. Образование. Экономика. Психология. Социология. Философия. Политология. — М.: Изд-во СГУ, 2009. — С. 71-97.
15. Шевенина Е.В. Критический анализ методов проектирования и управления развитием производственных систем с позиции требований устойчивого развития // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление»: том 10, № 4 (25), 2014. — С. 31-52.
16. Шевенина Е.В. Формализация задач бездефектного управления устойчивым развитием производственных систем на основе универсальных мер // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции (30 апреля 2014 г.). — Уфа: Аэтерна. 2014. — с. 109-114.
17. Шевенина Е.В., Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Сетевая модель проектного управления устойчивым инновационным развитием региона и предприятия с использованием естественнонаучных измерителей. Формализация задач // Наука Красноярья: № 2 (13), 2014. — С. 40-79. — База цитирования: EBSCO.