

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

С.Н. Терехин, доктор технических наук, профессор;

А.В. Кондрашин, кандидат технических наук;

Т.В. Власова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Определена структура устойчивости, взаимосвязь элементов производственной системы. Рассмотрены показатели технологической независимости, влияние на устойчивость производственной системы уровня технологичности и применяемых технологий.

Ключевые слова: производственные системы, технологичность, технологии, технологическая независимость, устойчивость производственной системы

INFLUENCE OF LEVEL OF TECHNOLOGICALNESS ON STABILITY OF PRODUCTION SYSTEMS

S.N. Terechin; A.V. Kondrashin; T.V. Vlasova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The structure of stability, intercommunication of elements of the production system, is certain. The indexes of technological independence, influence on stability of the production system of level of technologicalness and applied technologies, are considered.

Keywords: production systems, technologicalness, technologies, technological independence, stability of the production system

Масштабное развитие техносферного общества, обуславливающее переход от отдельных технических устройств к сложным техническим и производственным системам (ПС), обострили проблемы, связанные с обеспечением безопасности человека. Угрозы и опасности техногенного свойства, прежде всего, связаны с устойчивостью таких систем.

Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф включены в перечень 34 критических технологий Российской Федерации, утвержденных Президентом Российской Федерации [1].

В этой связи крайне актуальной становится задача обеспечения устойчивости ПС к возникающим на них авариям и влияние на системы существующего уровня технологичности и особенностей применяемых технологий.

Под технологией понимают методы и подходы к решению соответствующих задач, совокупность взаимосвязанных процессов, происходящих в системе.

Например, в Крыловском научном центре в процессе разработки технологии управления проектами и интегрировании процесса проектирования и производства отдельные процессы агрегируют в системные решения и комплексные технологии, а система исследований (формирование научно-технического задания) ведется на проектной основе с использованием уровней готовности этих технологий (рис. 1) [2].

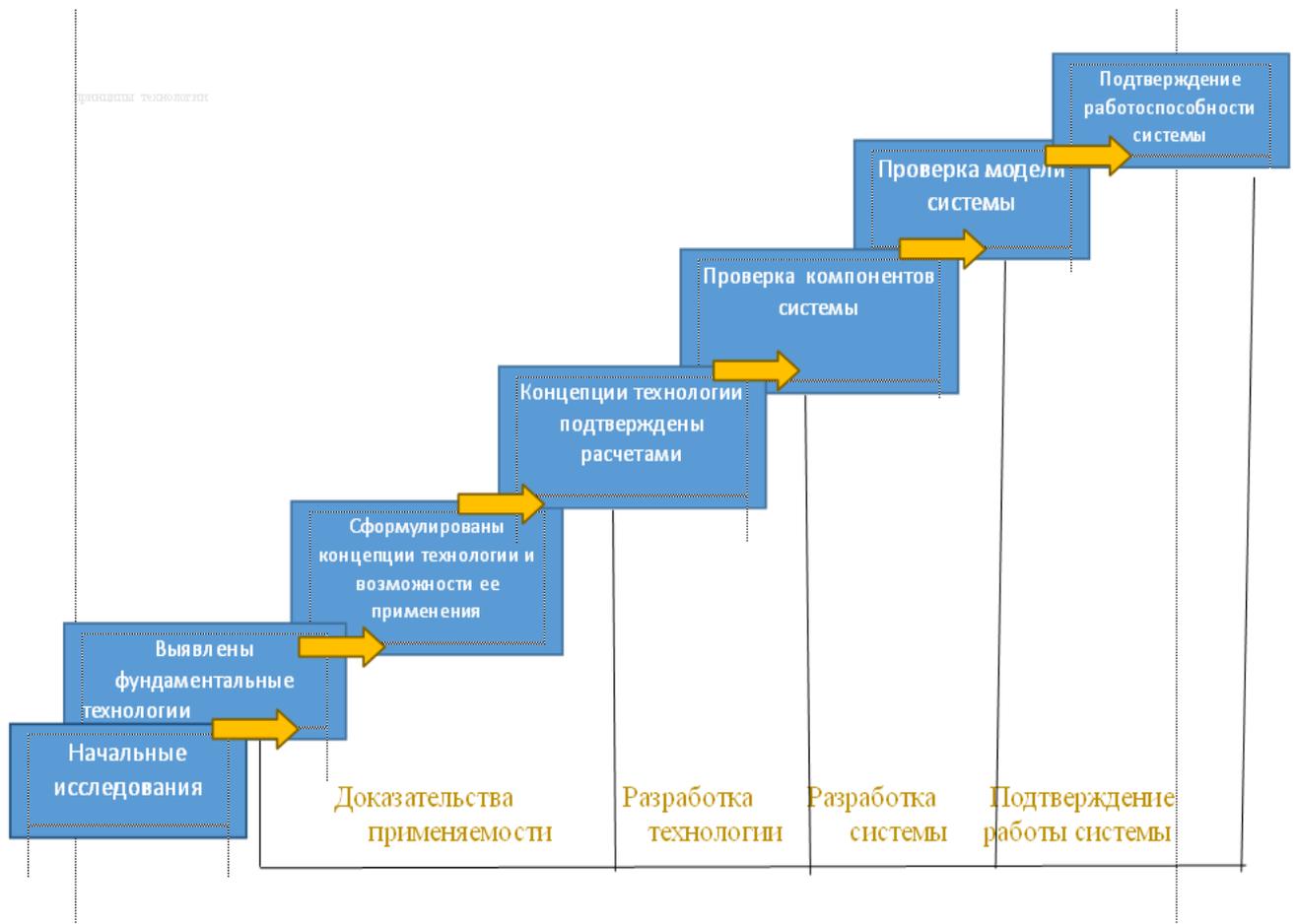


Рис. 1. Уровни готовности технологий

При таком подходе внедрение новых, прогрессивных технологий рассматривается комплексно с учетом всех элементов, составляющих систему, что обеспечивает адаптацию к динамичным изменениям внешней среды и влияет на устойчивость производственной системы (ПС).

Под устойчивостью ПС понимается состояние ее стабильного функционирования при наиболее эффективном управлении технологическими процессами, использовании ресурсов, взаимодействии элементов системы в условиях внешних и внутренних возмущений системы.

Структура устойчивости ПС представляет взаимосвязь элементов финансовой, производственной, технико-технологической, маркетинговой, организационной и инвестиционной устойчивости, оптимальное соотношение которых обеспечивает адаптивность к влиянию внешней среды.

Система возникает в результате взаимодействия технических, экономических и социальных элементов и ее состояние можно описать ключевыми параметрами $\{x_i\}$, $i=1, \dots, n$, характеризующими текущее состояние.

\vec{X} – вектор состояния системы, представляющий совокупность параметров, описывающих систему:

$$\vec{X} = \left\{ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_n \end{matrix} \right\} [3].$$

Для выделения и конкретного описания ПС необходимо и достаточно определить подсистемы и отношения между ними и найти связь между изменениями вектора состояния

одной подсистемы и изменениями (приращениями) векторов состояния других. Эта связь будет записана в виде матрицы факторов влияния одной подсистемы на другую:

$$d\vec{Y} = X_y \vec{X},$$

где X_y – матрица факторов влияния подсистемы X на подсистему Y .

К важнейшим внешним подсистемам, влияющим на функционирование ПС, отнесем уровень научно-технического развития, условно характеризующийся коэффициентом развития науки Sg (текущим коэффициентом эффективности отрасли) [3, с. 568].

Необходимо отметить, что наиболее быстрые темпы научно-технологического развития в производственных системах, где осуществляется интенсивное генерирование знаний, переход результатов фундаментальных исследований в конкретные технологии производства и таким образом осуществляется перевод результатов фундаментальных исследований в плоскость технологий производства, что дает основу для дальнейшего их интенсивного развития.

Развитие научно-технического прогресса (НТП) характеризуется факторами увеличения потока патентной информации, разработкой новой технологии и техники, внедрением основанных на разработанных принципах технологий, началом выпуска новой техники, широким использованием нововведений.

Согласно статистическим исследованиям, с 2009 г. в Российской Федерации было создано 108 прогрессивных технологий, что в 1,6 раза больше по сравнению с предшествующим периодом (в производственной сфере прирост созданных прогрессивных технологий составляет в среднем 5%). Из используемых 264 производственных технологий порядка 75% применяются в течение последних трех лет. Из указанных – треть созданных прогрессивных технологий относится к категории принципиально новых [1, с. 5].

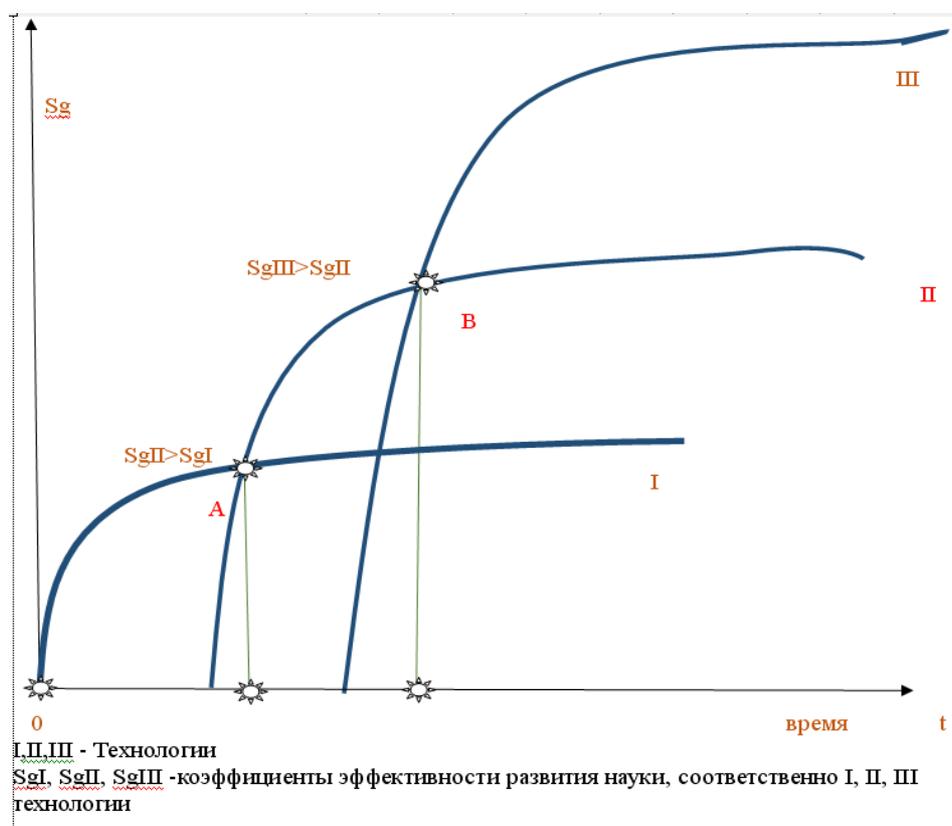


Рис. 2. Жизненный цикл развития НТП [3]

На рис. 2 представлен жизненный цикл развития НТП. Коэффициент развития науки Sg показывает эффективность новейшей технологии и этап жизненного цикла, на котором

находится НТП в отрасли. Точки А и В характеризуют состояния технологии, когда коэффициент эффективности превышает эффективность предыдущей технологии и необходим переход на новую технологию. Зная коэффициент S эффективности развития науки, ПС имеет возможность оценить влияние прогресса данной составляющей науки на ее развитие.

Для производственных систем, действующих в условиях динамической внешней среды, важны скорость адаптации к изменениям и соответствующая интенсивность внедрения достижений научно-технического прогресса в производственную деятельность.

Технологии управления в таких системах реализуются в виде мощных инструментальных средств, таких как средства прогнозирования, планирования и распределения ресурсов.

В качестве ресурсов ПС используются научные ресурсы – обеспечивающие концепцию технологии, производственные ресурсы – обеспечивающие реализацию технологии производства (ТП), материальные ресурсы.

Эффективность внедрения новых технологий и техники необходимо оценивать по принципу «затраты +» по каждому нововведению по следующим параметрам: S_1 – затраты на внедрение, S_2 – затраты эксплуатации, S_3 – производительность, S_4 – срок эксплуатации, C_s – суммарные затраты на обновление технологий. По каждому нововведению определяется объем затрат на НТП, а также чувствительность результата деятельности к нововведениям.

Коэффициент чувствительности параметров ПС на обновления технологии будет определен соотношениями изменения величин Δa_m – расходов ресурсов, Δa_z – амортизационных отчислений и Δa_p – трудоемкости после обновления технологий к C_s – затратам на обновление технологий. $\frac{\Delta a_m}{C_s}$, $\frac{\Delta a_z}{C_s}$ и $\frac{\Delta a_p}{C_s}$, а коэффициент развития науки можно определить после проведения анализа взаимодействия ПС со всеми системами, входящими в нее как частное производное уравнения, то есть $Sg = \frac{\partial \Pi}{\partial C_s}$, где Π – финансовый результат деятельности ПС [3, с. 579].

Для ПС скорость освоения новых знаний, их применение в процессе функционирования является определяющим фактором и может характеризоваться уровнем технологичности.

Под технологичностью понимают системное свойство производства, характеризующее его способность использовать материальные и нематериальные ресурсы для выполнения поставленных задач при высоком качестве с минимальными затратами средств и времени.

Исследуя методические аспекты уровня технологичности производственных систем, анализируя работы И. Ансоффа и Ю.В. Якубовского [4, 5], Б.Я. Капастелев, Ю.В. Боровко предлагают обобщенный уровень технологичности ПС оценивать по формуле:

$$УТ = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Ki},$$

где УТ – численное значение уровня технологичности производственной системы; Ki – относительное значение отдельного показателя технологичности; n – количество показателей [6], в том числе:

1. Продолжительность производственного цикла – характеризует эффективность элементов управления производством, внутрипроизводственной деятельностью.
2. Материалоемкость – отражает эффективность элементов технологического обеспечения производства.
3. Фондоотдача – характеризует элементы инвестиционной деятельности, эффективность управления основными средствами.
4. Выработка на одного занятого – определяет эффективность управления персоналом.
5. Капиталоотдача – отражает эффективность маркетинговой деятельности.

6. Коэффициент финансового левириджа – характеризует элементы финансового управления.

7. Издержкостоемость – определяет эффективность технологической подготовки производства и управление затратами.

При расчете относительных значений показатели технологичности 1, 2, 6, 7 возводят в минус первую степень, так как они имеют противоположный вектор направления действия на итоговый показатель уровня технологичности [6, с.112], а для оценки уровня технологичности исследователи используют шкалу Харрингтона, в которой высокие значения уровня технологичности находятся в пределах 0,8–1, а низкие значения – от 0,2 до 0,37 [7].

Высокий уровень технологичности обеспечивается при применении современных технологий, эффективности взаимодействия во всех элементах ПС, то есть оптимальности применения технологии.

Весомым фактором, влияющим на необходимость развития новых производственных технологий в России, является зависимость российской экономики от поставок зарубежного оборудования и технологий, что ведет к проблемам с конкурентоспособностью производства (которое во многом опирается на современное оборудование) и безопасностью [8]. Введенные против России в 2014 г., внешнеэкономические санкции обостряют указанные выше проблемы.

В связи с этим важное значение приобретает уровень технологической независимости ПС, значения которого могут дополнить составляющие обобщенного показателя уровня технологичности.

Технологическую независимость можно рассмотреть через призму технологической, производственной, технической, маркетинговой составляющих устойчивости [9]. Тогда оценку технологической независимости определяют:

1. Соотношением величины вложений в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и величины чистой прибыли ПС – показатель эффективности освоения инноваций, характеризующего полноту и качество элементов внедрения инновационных процессов в ПС, инвестирования в НИОКР.

2. Долей переданных сторонним подрядчикам технологических операций – показатель зависимости от внешних исполнителей.

3. Соотношением чистой прибыли ПС к величине коммерческих расходов, которая характеризует эффективность взаимодействия элементов маркетинговой деятельности.

4. Коэффициентами износа и интенсивности обновления основных фондов, реальным уровнем загрузки производственных мощностей, определяющих оценку имущественного положения.

При обновлении основных фондов необходимо не только учитывать коэффициент загрузки вновь приобретенного оборудования, который должен быть в диапазоне 0,85.....0,95, но и предельно допустимую стоимость приобретаемого оборудования [10].

$$Zd = S_4 \times \frac{a_z}{C} \times S_3 \times C,$$

где Zd – предельно допустимая стоимость нового оборудования; S_4 – число лет эксплуатации оборудования; a_z – доля амортизации в структуре цены на продукцию ПС, выпущенную на новом оборудовании; S_3 – годовая производительность нового оборудования; C – новая цена продукции.

С учетом принципа «затраты+», отражающего текущую объективную экономическую обстановку, Zd можно рассматривать как основу определения стоимости оборудования и важную составляющую показателя технологической независимости.

Взаимодействия между показателями технологичности, технологической независимости отражают не только формальные, но и неформальные связи между элементами системы. Эти показатели характеризуют элементы ПС, а устойчивость системы определяется наименьшей устойчивостью этих элементов.

Гусев Ю.В., Мамонов Д.В. [11], исследуя проблему устойчивости, отмечают, что из всех состояний, в которых может находиться та или иная система, выделяется множество $G=\{x\}$ таких состояний, которые различаются между собой с точки зрения устойчивости. На рис. 3 видно, что с течением времени в системе происходят различные изменения в элементах, в характере взаимосвязей между ними. В момент $t(1)$ состояние системы описывается точкой $x(1)$, в момент времени $t(2)>t(1)$ состоянию системы соответствует точка $x(2)$; при этом может оказаться, что $x(2)\neq x(1)$. Если $x(t) \in G$ состояние системы в момент t , то последовательность состояний $x(t)$ можно рассматривать как процесс, протекающий во времени.

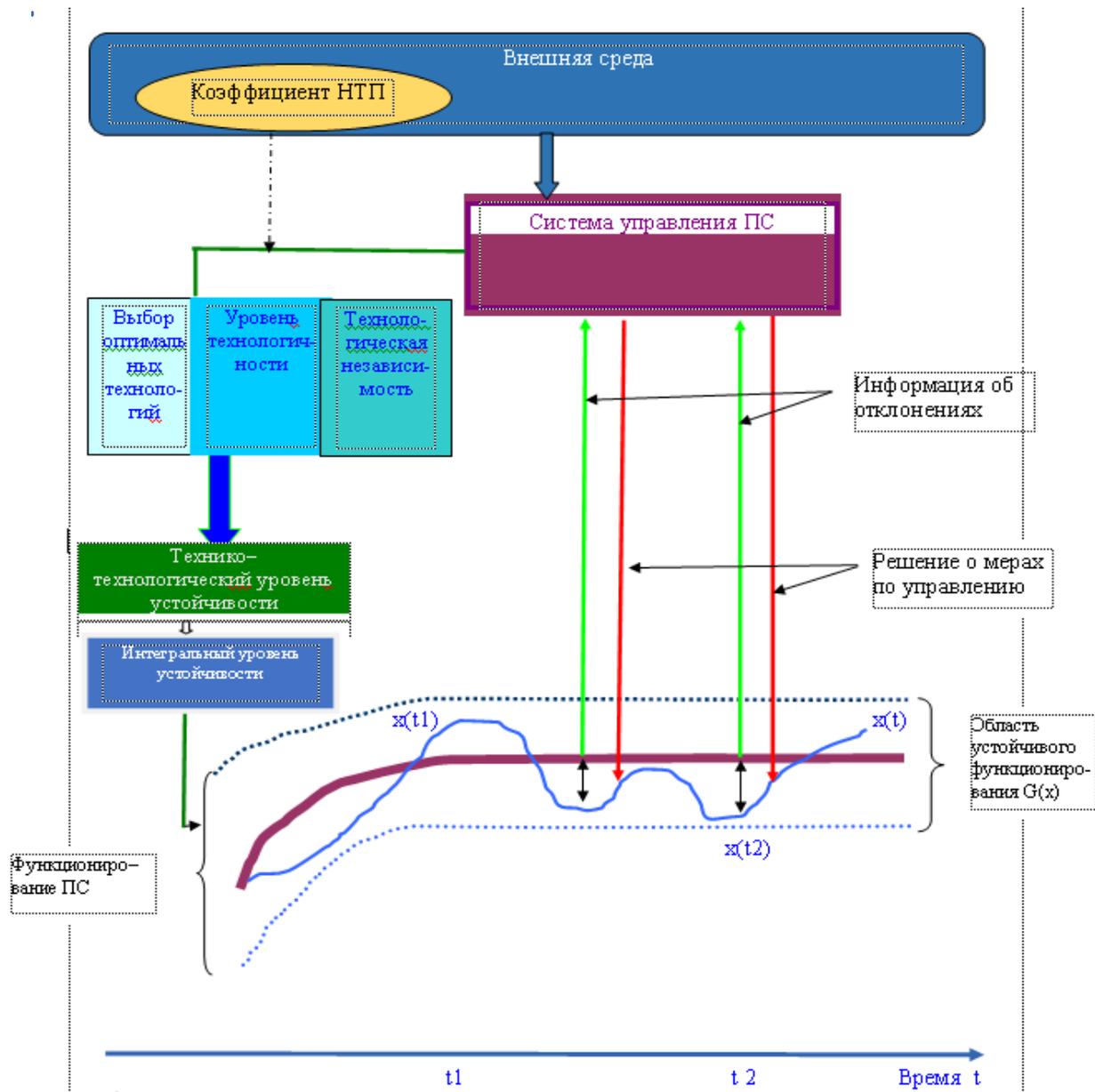


Рис. 3. Схема управление ПС и влияние технологии и параметров технологичности на устойчивость

Специалисты считают, что система устойчива, если линия поведения системы (линия поведения $x(t)$) соответствует устойчивой системе, начавшись в некоторой области фазового пространства, никогда ее не покидает [12–14].

Такой подход к решению проблемы устойчивого функционирования ПС предполагает кроме разработки механизмов компенсации негативных последствий действия определение скорости адаптации к возмущениям, то есть возвращение системы в режим стабильного функционирования.

Для определения устойчивости ПС разработаны различные методики. Макова М.М. предлагает использовать следующую формулу:

$$y = \sum_n a_n \cdot V_n ,$$

где Y – показатель интегральной устойчивости; a_n – вес n общего показателя устойчивости в интегральном показателе, оценивающийся по критериям перспективности, результативности и эффективности (использование оптимальной технологии); V_n – n обобщенный показатель соответственно финансовой, маркетинговой, производственной, инвестиционной, технико-технологической, организационной устойчивости.

Устойчивость технико-технологического уровня связывают с прогрессивностью применяемой техники и технологических процессов, механизацией, внедрением гибких автоматизированных производств и новой техники. Оценивают устойчивость коэффициентами обновления основных фондов, выбытия основных фондов и загрузки мощностей [15], характеризующими и параметры технологической независимости ПС.

Устойчивое функционирование ПС в техносферном обществе возможно только при использовании новейших технологий, прогнозирования и отслеживания тенденций НТП.

Предложенная авторами схема управления ПС (рис. 3), показывает взаимодействие ее подсистем, элементов, влияние применяемых технологий и параметров технологичности на устойчивость системы, где:

1. Способность ПС воспринимать достижения НТП оценивается коэффициентами развития науки, чувствительностью параметров ПС к обновлению технологии.

2. Внедрения этих достижений, скорость адаптации к изменениям внешней среды определяется «уровнем технологичности» [6, с. 109], который авторы предлагают дополнить показателями, характеризующими технологическую независимость ПС.

3. Выбор оптимальных технологий отражает эффективность взаимодействия систем ПС, связанных с использованием прогрессивных технологий, уровнем готовности технологий.

4. Прослеживается линейная зависимость уровня технологичности (в том числе параметров технологической независимости), применения оптимальных технологий на технико-технологический уровень устойчивости и посредством взаимосвязи элементов ПС на общий интегральный показатель устойчивости.

Такой подход предполагает учет влияния возмущающих воздействий со стороны внешней среды, оценку зависимости между уровнем технологичности производства и технико-технологической устойчивостью. Это дает возможность прогнозировать состояние устойчивости ПС и в дальнейшем разработать механизмы компенсации негативных последствий, обеспечив стабильное функционирование системы посредством принятия управленческих решений.

Литература

1. Руденский О.В., Рыбак О.П. Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030: информ.-аналит. бюллетень. М., 2010. № 3. С. 11.
2. Кузнецов Л.В. Современные подходы в инжиниринге сложных технических систем / Конференция ЦСР «С-3» для ГК «Росатом». СПб., 2013.
3. Колобов А.А., Омельченко И.Н., Орлов А.И. Менеджмент высоких технологий. Интегрированные производственно-корпоративные структуры М.: Изд-во «Экзамен», 2008. С. 566.

4. Новые производственные технологии: публ. аналит. доклад. М.: Сколковский институт науки и технологий, 2014. С. 19.
5. Ансофф И. Стратегическое управление: сокр. пер. с англ. М.: Экономика, 1989. 519 с.
6. Якубовский Ю.В. Теория и практика совершенствования корпоративного управления (на примере ОАО «Дальэнерго») // Проблемы реформирования и особенности развития электроэнергетики Дальнего Востока: материалы науч.-практ. конф. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. С. 190–193.
7. Карастелев Б.Я., Якубовский Ю.В., Бровко П.М. Методические аспекты исследования уровня технологичности производственных систем. Технологии и экономика Известия ДВФУ // Экономика и управление. 2014. № 3. С. 110.
8. Бровко П.М., Якубовский Ю.В., Карастелев Б.Я. Влияние уровня технологичности на экономическую устойчивость производственной системы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 468.
9. Федорова Л.А. Методологические принципы формирования модели оценки устойчивости // Вопросы управления. URL: <http://vestnik.uapa.ru/en/issue/2013/01/23/> (дата обращения: 12.11.2015).
10. Васин Л.А., Хлынин Э.В. Развитие парка технологического оборудования для повышения устойчивости функционирования предприятия // Известия Тульского гос. ун-та. Экономические и юридические науки. 2011. № 1–1. С. 91.
11. Гусев Д.В., Мамонов Ю.В. Устойчивость производственно-хозяйственных систем: сущность, показатели, статистическое измерение // Вестник НГУЭУ. 2012. № 2. С. 38.
12. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972. 768 с.
13. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. М.: Сов. радио, 1976. 440 с.
14. Райншке К. Модели надежности и чувствительности систем. М.: Мир, 1979. 452 с.
15. Макова М.М. Методические основы оценки устойчивого развития предприятий нефтяного комплекса // Вестник ВЭГУ. 2012. № 4 (60). С. 54.