

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 330.341.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ S-ОБРАЗНЫХ КРИВЫХ РАЗВИТИЯ

Рубин Г.Ш., Полякова М.А., Гун Г.С.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация. На основе свойств S-образных кривых развития разработана математическая модель прогнозирования изменения какого-либо показателя системы во времени. Приведены математические уравнения, позволяющие рассчитать периоды ускоренного и замедленного развития показателя. Данный математический аппарат является эффективным способом прогнозирования динамики роста показателя и определения временных промежутков процесса.

Ключевые слова: S-образная кривая развития, прогнозирование, показатель, математическая модель, динамика роста.

Введение

Среди существующих приемов прогнозирования развития технических систем особое место занимают методы, основанные на использовании законов развития технических систем [1]. Законы развития технических систем, на которых базируются все основные механизмы решения изобретательских задач, впервые сформулированы Г.С. Альтшуллером [2–4 и др.]. Согласно данному подходу технические системы (независимо от своего назначения) последовательно проходят в своем развитии три этапа: медленное нарастание, быстрый лавинообразный рост и стабилизация одной из главных эксплуатационных характеристик системы. Кривая, построенная в осях координат, где по вертикали откладывается численное значение одной из эксплуатационных характеристик, а по горизонтали – «возраст» технической системы или затраты на ее развитие, получила название S-образной линии жизни технической системы. S-кривая является иллюстрацией качественного развития технической системы (рис. 1) [2]. Понятие «Идеальность», предложенное Г.С. Альтшуллером, обобщенно отражает уровень развития технической системы, степень ее технического совершенства.

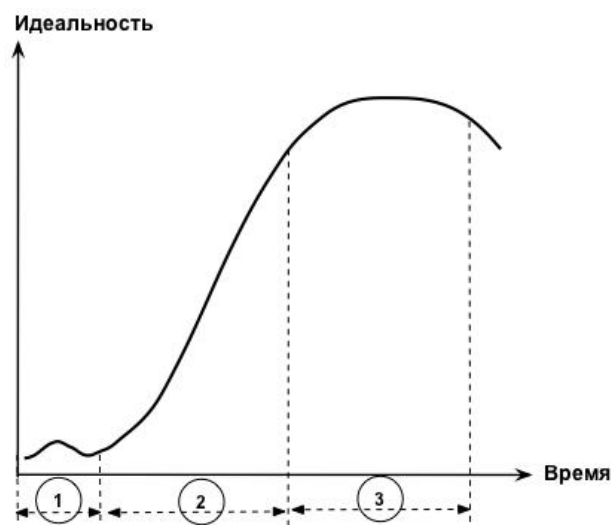


Рис. 1. S-образная кривая развития систем:

- 1 этап – рождение и «детство» системы;**
- 2 этап – интенсивное развитие системы, достижение «зрелости»;**
- 3 этап – период снижения роста, стабилизации и снижения характеристик, «старости»**

В экономике, техническом прогнозировании широко применяется моделирование динамики различных процессов в виде S-образных кривых [5, 6] (рис. 2).

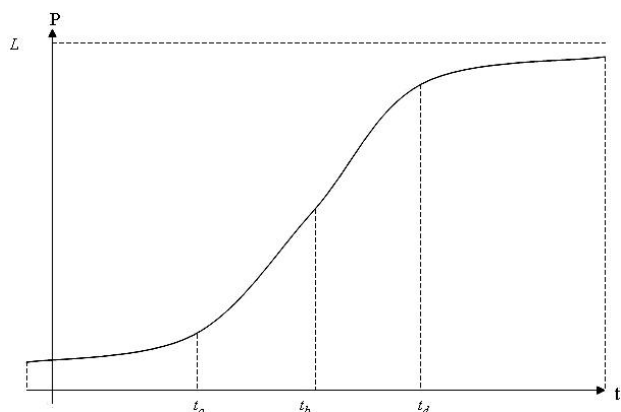


Рис. 2. S-образная динамика изменения показателя P во времени

Для таких кривых характерно:

- 1) асимптотическое стремление к 0 (или другому нижнему пределу) при уменьшении времени t и стремление к некоторому верхнему пределу L с ростом времени;
- 2) наличие периода ускоренного роста – до момента t_b ;
- 3) наличие периода замедления роста – после момента t_b .

Следует отметить, что такой вид имеют и ряд зависимостей между техническими параметрами. Исследованием таких зависимостей авторы данной статьи занимаются в настоящее время и надеются вскоре опубликовать их результаты. Для описания этих зависимостей используются уравнения Перла-Рида, Гамперца и другие

$$P = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}, \tag{1}$$

где P – показатель системы; L – предельное значение показателя; a, b – параметры; t – время.

Эти формулы получены как решения дифференциальных уравнений, описывающих развитие популяций живых организмов. Обоснования правомерности использования этих формул основано на некоторых аналогиях между биологическими, с одной стороны, и экономическими и техническими процессами, с другой стороны [2].

Однако для прогнозирования развития системы необходимо разработать математическую модель, позволяющую определить динамику развития системы. Одним из недостатков существующих подходов [7–9] является отсутствие в математической модели начала и конца процесса. В реальных процессах, развивающихся в конечный промежуток времени, невозможно интерпретировать асимптотическое стремление к какой-либо величине. Это снижает возможность использования модели, в частности, для прогнозирования

исследуемых процессов. Эти соображения вызвали потребность разработать другую математическую модель S-образных зависимостей.

Теория и методы исследования

Введём обозначения и сформулируем основные требования к такой модели (рис. 3). Обозначим интервал времени развития процесса $[t_0, t_f]$, соответствующие значения исследуемого показателя

$$P(t_0) = P_0, \quad P(t_f) = P_f. \tag{2}$$

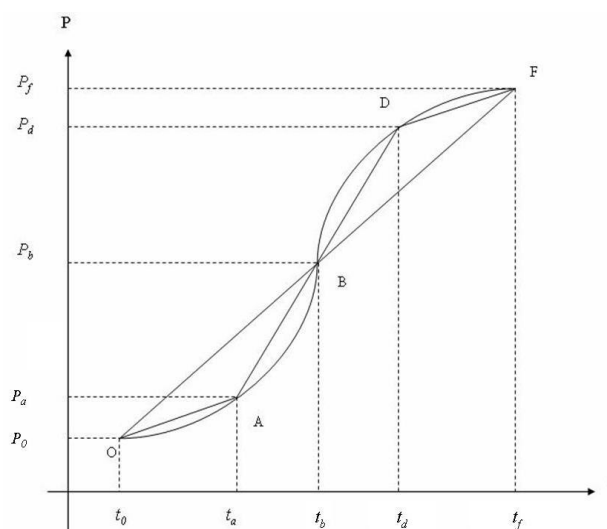


Рис. 3. Элементы S-образной динамики

Мы считаем функцию $P(t)$ возрастающей. Возможен и симметричный случай, когда показатель убывает от начального к конечному моменту времени. Трансформация всех выкладок при этом носит только технический характер.

Скорость изменения показателя вблизи границ интервала снижается до 0

$$\frac{dP}{dt} \Big|_{t=t_0} = \frac{dP}{dt} \Big|_{t=t_f} = 0 \tag{3}$$

и увеличивается по мере удаления от граничных значений

$$\begin{aligned} \frac{d^2P}{dt^2} &= a, \quad t_0 \leq t \leq t_b, \\ \frac{d^2P}{dt^2} &= -b, \quad t_b \leq t \leq t_f, \end{aligned} \tag{4}$$

где $a \geq 0, b \geq 0$ – ускорение и замедление темпов роста соответственно; t_b – граница периодов ускорения и замедления роста показателя.

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= at + C_1, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ \frac{dP}{dt} &= -bt + C_2, \quad t_b \leq t \leq t_f, \end{aligned} \quad (5)$$

а с учётом (3)

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= a(t-t_0), \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ \frac{dP}{dt} &= b(t_f-t), \quad t_b \leq t \leq t_f. \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P(t) &= 0,5a(t-t_0)^2 + C_3, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ P(t) &= -0,5b(t_f-t)^2 + C_4, \quad t_b \leq t \leq t_f. \end{aligned} \quad (7)$$

С учётом (2)

$$\begin{aligned} P(t) &= 0,5a(t-t_0)^2 + P_0, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ P(t) &= -0,5b(t_f-t)^2 + P_f, \quad t_b \leq t \leq t_f. \end{aligned} \quad (8)$$

S-образный характер изменения показателя подразумевает непрерывность его изменения (непрерывность графика) и плавность роста (отсутствие изломов кривой), т.е. непрерывность скорости роста (непрерывность первой производной). Это обеспечивается непрерывностью показателя и его первой производной по времени в точке t_b , т.е.

$$P(t_b - 0) = P(t_b + 0), \text{ и } \left. \frac{dP}{dt} \right|_{t=t_b-0} = \left. \frac{dP}{dt} \right|_{t=t_b+0}. \quad (9)$$

Из этих условий получаем систему двух уравнений

$$\begin{cases} 0,5a(t_b-t_0)^2 + P_0 = -0,5b(t_f-t_b)^2 + P_f; \\ a(t_b-t_0) = b(t_f-t_b), \end{cases} \quad (10)$$

неизвестными в которых являются a, b, t_2 . Очевидно, два уравнения (10) позволяют определить два из неизвестных параметров при известном третьем.

Результаты и обсуждение

Прежде всего, отметим важные, хотя и достаточно очевидные, соотношения, следующие из уравнений (10):

$$\frac{a}{b} = \frac{t_f - t_b}{t_b - t_0}, \quad (11)$$

т.е. периоды ускоренного и замедленного развития обратно пропорциональны величинам ускорения и замедления. Кроме того

$$2(P_f - P_0) = b(t_f - t_b)^2 + a(t_b - t_0)^2, \quad (12)$$

что даёт оценку роста показателя за весь период развития.

Для дальнейшего анализа считаем известным момент времени t_b . Тогда

$$a = \frac{V}{t_b - t_0}; \quad b = \frac{V}{t_f - t_b}, \quad (13)$$

где $V = \frac{P_f - P_0}{t_f - t_0}$ – средняя скорость роста показателя за период исследования.

$$\begin{aligned} P(t) &= V \frac{(t-t_0)^2}{t_b-t_0} + P_0, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ P(t) &= -V \frac{(t_f-t)^2}{t_f-t_b} + P_f, \quad t_b \leq t \leq t_f. \end{aligned} \quad (14)$$

Знание скорости роста v или значение показателя P в некоторый момент времени t позволяет определить величину ускорения a или замедления b , а следовательно, и всю траекторию изменения показателя на соответствующем интервале времени

$$\begin{aligned} a &= \frac{P-P_0}{(t-t_0)^2}, \quad a = \frac{v}{t-t_0}, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ b &= \frac{P_f-P}{t_f-t}, \quad b = \frac{v}{t_f-t}, \quad t_b \leq t \leq t_f. \end{aligned} \quad (15)$$

Тогда можно, зная начальные (t_0, P_0) или конечные (t_f, P_f) параметры траектории, определить точку перегиба (перехода от ускорения к замедлению):

$$\begin{aligned} t_b &= \frac{v}{a} + t_0, \quad t_0 \leq t \leq t_b; \\ t_b &= -\frac{v}{b} + t_f, \quad t_b \leq t \leq t_f \end{aligned} \quad (16)$$

Из (14) следует

$$P(t_b) = V(t_b - t_0) + P_0, \quad (17)$$

следовательно,

$$\frac{P(t_b) - P_0}{t_b - t_0} = V = \frac{P_f - P_0}{t_f - t_0}, \quad (18)$$

т.е. точки О, В и F (см. рис. 3) лежат на одной прямой.

На практике интерес представляют моменты времени t_a и t_b , в которых $v=V$. В реальных временных рядах, имеющих несистематическую случайную погрешность, эти точки, в отличие от других, можно определить с достаточной степенью достоверности. Отметим, что из (14) следует

$$\left. \frac{dP}{dt} \right|_{t=t_a} = 2V \frac{t_a - t_0}{t_b - t_0}, \quad 2V \frac{t_a - t_0}{t_b - t_0} = V, \quad (19)$$

$$t_a - t_0 = 0,5(t_b - t_0),$$

т.е. точка t_a является серединой отрезка $[t_0, t_b]$.

Точно так же доказывается, что точка t_b является серединой отрезка $[t_b, t_f]$. Из этого следует, что

$$P_b - P_0 = 4(P_a - P_0) \text{ и } P_f - P_b = 4(P_f - P_d). \quad (20)$$

Проведённый анализ позволяет предложить следующий алгоритм анализа временного ряда, имеющего S-образную форму.

1. Точка t_b определяется как точка, в которой скорость роста показателя справа от неё меньше, чем слева:

$$\frac{P_b - \Delta P}{\Delta t} > \frac{P_b + \Delta P}{\Delta t}. \quad (21)$$

2. Знание t_b и P_b позволяет, используя (18), определить среднюю скорость V .

3. Знание V даёт возможность зафиксировать момент t_d и величину P_d .

4. После этого в соответствии с (19) и (20) можно прогнозировать окончание S-образного процесса, который наступит в момент времени

$$t_d + (t_d - t_b) \text{ на уровне } P_d + \frac{1}{3}(P_d - P_b). \quad (22)$$

Таким образом, модель развития процесса (14), построенная на предположениях (2), (3), (4) и (9), даёт эффективный способ прогнозирования динамики роста показателя и временных промежутков процесса.

В заключение отметим, что легко доказать принадлежность точек A , B и D одной прямой. Это позволяет аппроксимировать процесс в виде ломаной линии $OABDF$ и использовать достаточно простые линейные зависимости для практических расчётов.

Выводы

Особую актуальность приобретают вопросы прогнозирования развития на современном этапе смены технологических укладов. Современный этап развития характеризуется интенсивным развитием нанотехнологий, которые являются ключевым фактором шестого технологического уклада [10–33]. С другой стороны, неравномерное развитие различных отраслей промышленности, рыночные отношения, необходимость быстро реагировать на изменение потребностей и спроса потребителей требуют математически обоснованного определения момента времени внедрения инновационных разработок в действующее промышленное производство. С этой точки зрения предлагаемый математический аппарат представляет практический интерес для прогнозирования развития процессов.

Список литературы

1. Кынин А., Привень А. Прогноз возможных путей развития технических систем (качественный прогноз). URL: http://www.bash.ru/files/kinin_priven_prognoz-putey-vozmojnogo-razvitiya-ts.pdf (дата обращения: 19.11.2014).
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука: теория решения изобретательских задач. М.: Сов. радио, 1979. 184 с. (Кибернетика).
3. Альтшуллер Г.С. О законах развития технических систем. Баку, 20.01.1977. URL: <http://www.altshuller.ru/triz/zrts1.asp>.
4. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи. Петрозаводск: Карелия, 1980. 224 с.
5. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование: пер. с англ. (Technological Forecasting for Decisionmaking NEW YORK – 1972). М.: Прогресс, 1977. 592 с.
6. Рубин М. Мифы о законах развития технических систем. 2009. URL: <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4384> (дата обращения: 10.07.2014).
7. Формальная (математическая) интерпретация эволюционных и революционных процессов. URL: <http://lektsiopedia.org/lek-21425.html> (дата обращения: 19.11.2014).
8. Моделирование S-образного роста. URL: <http://www.nicemana-gement.ru/doips-208-1.html> (дата обращения: 19.11.2014).
9. Старцев Ю.Н. S-образные модели развития и технологические разрывы. URL: <http://www.lib.csu.ru/vch/128/010.pdf> (дата обращения: 19.11.2014).
10. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / под ред. акад. РАН Глазьева С.Ю. и проф. Харитоновой В.В. М.: Тривант, 2009. 304 с.
11. Инновационный потенциал новых технологий производства метизных изделий из наноструктурных сталей / Чукин М.В., Колцева Н.В., Барышников М.П., Ефимова Ю.Ю., Носов А.Д., Носков Е.П., Коломиец Б.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 2. С. 64–68.

12. Пат. 2446027 РФ, МПК В21С 1/00, В21J 5/06, С21D 7/00. Способ получения длинномерных заготовок круглого поперечного сечения с ультрамелкозернистой структурой / Чукин М.В., Емалева Д.Г., Барышников М.П., Полякова М.А. Оpubл. 27.03.2012. Бюл. №9.
13. Пат. 2467816 RU, МПК В21С 1/04, В21С 1/00. Способ получения ультрамелкозернистых полуфабрикатов волочением с кручением / Чукин М.В., Полякова М.А., Голубчик Э.М., Рудаков В.П., Носков С.Е., Гулин А.Е. Заявл. 28.02.2011; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.
14. Гун Г.С., Чукин М.В., Рубин Г.Ш. Управление качеством в метизном производстве // *Металлургические процессы и оборудование*. 2013. №4. С. 106-112.
15. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Развитие научных основ стандартизации // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2014. № 1. С. 97 – 102.
16. Разработка теории квалиметрии метизного производства / Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Закиров Д.М. // *Черные металлы*. 2012, июль. С. 15–21.
17. Гун Г.С. Инновационные методы и решения в процессах обработки материалов // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2014. № 4(48). С. 99–113.
18. Генезис научных исследований в области качества металлопродукции / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, Г.Ш. Рубин, А.А. Минаев, А.Е. Назайбеков, Х. Дыя // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2014. № 1 (45). С. 92–97.
19. Научно-педагогическая школа Магнитогорского государственного технического университета по управлению качеством продукции и производственных процессов / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, А.Г. Корчунов, М.В. Чукин, И.Г. Гун, Г.Ш. Рубин // *Качество в обработке материалов*. 2014. № 1. С. 5–8.
20. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / Г.Ш. Рубин, М.А. Полякова, М.В. Чукин, Г.С. Гун // *Сталь*. 2013. № 10. С. 84–87.
21. Nanodimensional in high carbon steel structural part formation by thermal and deformation processing / Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G.S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. // *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2013. № 5 (45). P. 33–35.
22. Metallurgy qualimetry theory design and development / G.S. Gun, G.Sh. Rubin, M.V. Chukin, I.G. Gun, I.U. Mezin, A.G. Korchunov // *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2013. № 5 (45). P. 67–69.
23. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства: монография / Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.
24. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры из высокоуглеродистых марок стали / Чукин М.В., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Полякова М.А. // *Черные металлы*. 2012. №12. С. 8–16.
25. Высокопрочная арматура для железобетонных шпал нового поколения / Ушаков С.Н., Чукин М.В., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Полякова М.А. // *Путь и путевое хозяйство*. 2012. №11. С. 25–27.
26. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / Чукин М.В., Гун Г.С., Барышников М.П., Валиев Р.З, Рааб Г.И. // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2008. №1. С. 24–27.
27. Эффективные процессы получения фасонных профилей / Токарь В.С., Гостев А.А., Гун И.Г., Гайдабура В.В., Гун Г.С., Шеркунов В.Г. Магнитогорск, 1994.
28. Производство стальной проволоки / Белалов Х.Н., Клековкина Н.А., Клековкин А.А., Никифоров Б.А., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Зюзин В.И., Кулеша В.А., Савельев Е.В. Белалов Х.Н. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2005.
29. Ресурсосбережение в метизном производстве / Гун Г.С. // *Теория и практика работы Белорецкого металлургического комбината: коллективная монография*. Магнитогорск, 2001.
30. Производство и эксплуатация валков на металлургическом предприятии / Сафронов М.Ф., Антипанов В.Г., Рашников В.Ф., Афанасьев В.Ф., Корнилов В.Л., Гун Г.С., Шемшурова Н.Г. Магнитогорск, 1999.
31. Рубин Г.Ш., Гун Г.С., Пудов Е.А. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки // *Сталь*. 1983. №1. С. 56.
32. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехнологий / Чукин М.В., Колокольцев В.М., Гун Г.С., Салганик В.М., Платов С.И. // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2009. №2. С. 55–59.
33. Производство высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения / Чукин М.В., Корчунов А.Г., Бакшинов В.А. и др.; под. общ. ред. М.В. Чукина. Москва, 2014.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

MODELING OF THE TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION BASED ON S-SHAPE CURVES OF DEVELOPMENT

Rubin Gennadiy Shmulievich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: rubingsh@gmail.com.

Polyakova Marina Andreevna – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: m.polyakova-64@mail.ru.

Gun Gennadiy Semenovich – D.Sc. (Eng.), Adviser to the Rector, Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7 (3519) 29-85-26. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Abstract. A forecasting mathematical model for any system indicator changing in time is created based on properties of S-shape curves. Mathematical equations, which may be used for determination of indicator accelerating and decelerating development periods, are given. This mathematical approach is an efficient way of indicator growth dynamics forecasting and process time intervals determination.

Keywords: S-shape curve of development, forecasting, indicator, mathematical model, growth dynamics.

References

1. Kynin A., Priven A. Forecasting (qualitative forecasting) of probable ways of technical systems development. URL: http://www.bash.ru/files/kinin_priven_prognoz-putey-vozmojnogo-razvitiya-ts.pdf. Accessed on 19 November 2014.
2. Altshuller G.S. *Tvorchestvo kak tochnaya nauka: teoriya resheniya izobretatel'skikh zadach* [Creative work as an exact sci-

- ence: the theory of inventive problem solving]. Moscow: Sov. radio, 1979, 184 p, Kibernetika.
3. Altshuller G.S. About technical systems development laws. Baku, 20.01.1977. <http://www.altshuller.ru/triz/zrts1.asp>.
 4. Altshuller G.S., Selyutskii A.B. *Krylya dlya Ikar: Kak reshat' izobretatel'skie zadachi* [Wings for Ikar: how to solve inventive problems]. Petrozavodsk: Karelia, 1980, 224 p.
 5. Martino J. *Tekhnologicheskoe prognozirovaniye: per. s angl.* [Technological forecasting. Trans. from English]. Moscow: Progress, 1977, 592 p.
 6. Rubin M. Myths about technical systems development laws. 2009. URL: <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4384>. Accessed on 10 July 2014.
 7. Formal (mathematical) interpretation of evolutionary and revolutionary processes. URL: <http://lektsiopedia.org/lek-21425.html>. Accessed on 19 November 2014.
 8. S-shape growth modeling. URL: <http://www.nicemanagement.ru/doips-208-1.html>. Accessed on 19 November 2014.
 9. Startsev Yu.N. S-shape development models and technological gaps. URL: <http://www.lib.csu.ru/vch/128/010.pdf>. Accessed on 19 November 2014.
 10. *Nanotekhnologii kak klyuchevoj faktor novogo tekhnologicheskogo uklada v ehkonomie pod red. akad. RAN Glaz'eva S.YU. i prof. Kharitonova V.V.* [Nanotechnologies as a key factor of new technological setup in economics. Ed. by acad. of RAS Glaziev S.Yu. and prof. Kharitonov V.V.]. Moscow: Trovant, 2009, 304 p.
 11. Chukin M.V., Koptseva N.V., Baryshnikov M.P., Efimova Yu.Yu., Nosov A.D., Noskov E.P., Kolomiets B.A. The innovative potential of producing metalware from nanostructured steel. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2009, no. 2, pp. 64-68.
 12. Chukin M.V., Emaleeva D.G., Baryshnikov M.P., Polyakova M.A. *Sposob polucheniya dlinnomernykh zagotovok kruglogo poperechnogo secheniya s ul'tramelkozernistoy strukturaj* [A method of producing long round cross-sectional workpieces with an ultrafine grain structure]. Patent RF, no. 2446027, 2012.
 13. Chukin M.V., Polyakova M.A., Golubchik E.M., Rudakov V.P., Noskov S.E., Gulin A.E. *Sposob polucheniya ul'tramelkozernistykh polufabrikatov volocheniem s krucheniem* [Method of manufacturing ultrafine grain semi-finished products by drawing with twisting]. Patent RF, no. 2467816, 2012.
 14. Gun G.S., Chukin M.V., Rubin G.Sh. Quality management in metalware production. *Metallurgicheskie protsessy i oborudovaniya* [Metallurgical processes and equipment], 2013, no. 4, pp. 106-112.
 15. Rubin G.Sh., Polyakova M.A. Development of standardization scientific basis. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no. 1, pp. 97-102.
 16. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Zakirov D.M. Development of metalware qualimetry theory. *Chernye metally* [Ferrous metals], 2012, July, pp. 15-21.
 17. Gun G.S. Innovative methods and solutions in materials forming processes. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no. 4(48), pp.99-113.
 18. Gun G.S., Mezin I.Yu., Rubin G.Sh., Minaev A.A., Nazaybekov A.E., H. Dyja. The research genesis in the field of the steel products quality. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 1 (45), pp. 92-97.
 19. Gun G.S., Mezin I.Yu., Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun I.G., Rubin G.Sh. Educational research school of Nosov Magnitogorsk State Technical University in product and industrial process quality management. *Quality in materials processing*, 2014, no. 1, pp. 5-8.
 20. Rubin G.Sh., Polyakova M.A., Chukin M.V., Gun G.S. Protipology is the next stage of metalware standartization development. *Stal'* [Steel], 2013, no. 10, pp. 84-87.
 21. Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G.S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. Nanodimensional in high carbon steel structural part formation by thermal and deformation processing. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5 (45), pp. 33-35.
 22. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.Yu., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5 (45), pp. 67-69.
 23. Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun G.S., Polyakova M.A. *Upravlenie kachestvom produktsii v tekhnologiyakh metiznogo proizvodstva* [Quality management in metalware production technologies: monograph]. Moscow: Ore and metals, 2012, 164 p.
 24. Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. Outlook for producing high-strength steel reinforcement bars from high-carbon steel grades. *Ferrous metals*, 2012, no. 12, pp. 8-16.
 25. Ushakov S.N., Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. High-strength reinforcement bars for concrete sleepers of a new generation. *Railway track and equipment*, 2012, no. 11, pp. 25-27.
 26. Chukin M.V., Gun G.S., Baryshnikov M.P., Valiev P.Z., Raab G.I. Features of structural nanosteel rheological properties. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2008, no. 1, pp. 24-27.
 27. Tokar V.S., Gostev A.A., Gun I.G., Gaidabura V.V., Gun G.S., Sherkunov V.G. *Ehffektivnye protsessy polucheniya fazonnykh profilej* [Efficient processes of manufacturing shaped sections]. Magnitogorsk, 1994.
 28. Belalov Kh.N., Klekovkina N.A., Klekovkin A.A., Nikiforov B.A., Gun G.S., Korchunov A.G., Zyuzin V.I., Kulesha V.A., Saveliev E.V. *Proizvodstvo stal'noj provoloki* [Production of steel wire]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2005.
 29. Gun G.S. *Resursosberezhenie v metiznom proizvodstve. Teoriya i praktika raboty Beloretskogo metallurgicheskogo kombinata: kollektivnaya monografiya* [Resource saving in metalware production. Theory and practice of operation of the Beloretsk Iron and Steel Works: a multi-author monograph]. Magnitogorsk, 2001.
 30. Safronov M.F., Antipanov V.G., Rashnikov V.F., Afanasiev V.F., Kornilov V.L., Gun G.S., Shemshurova N.G. Roll production and operation at a metallurgical plant. Magnitogorsk, 1999, vol. 4.
 31. Rubin G.Sh., Gun G.S., Pudov E.A. An overall quality assessment of steel rope wire. *Steel*, 1983, no. 1, p. 56.
 32. Chukin M.V., Kolokoltsev V.M., Gun G.S., Salganik V.M., Platov S.I. Research of SEI HPE MSTU in a context of nanotechnology development. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2009, no. 2, pp. 55-59.
 33. Chukin M.V., Korchunov A.G., Bakshinov V.A. et al. Production of high-strength steel reinforcement bars for concrete sleepers of a new generation. Moscow, 2014.