

Über die Gesetze der Konstruktion technischer Systeme

B.I.Goldovsky

Februar 2018

Original: О законах построения технических систем¹.

Erschienen in ТРИЗ нужна России: проблемы технического творчества. Сб. ст. выпуск 2. – Чебоксары: Новое время, 2018. S. 54 - 72.

Übersetzt von Hans-Gert Gräbe, Leipzig, mit Unterstützung durch die freie Version von `deep1.com`.

Die von G.S.Altshuller [1] vorgeschlagene Liste der Gesetze für die Entwicklung technischer Systeme (TS) war wird ganz künstlich und bedingt in die Gesetze „Statik“, „Kinematik“ und „Dynamik“ unterteilt. Schritt zu die natürliche Klassifizierung dieser Gesetze wurde in den frühen 80er Jahren von V.M.Petrov vorgenommen, der die Gesetze der „Statik“ werden die Gesetze der Organisation genannt. (d.h. Konstruktion), sowie die Gesetze der „Kinematik“ und vereinigte „Dynamik“ zu „Evolutionsgesetzen“ (d.h. Entwicklung) [2], [3] (offensichtlich unter Verwendung von mehr als seiner frühen Entwicklungen zu diesem Thema). Fast zur gleichen Zeit auch der Autor dieses Artikels. hat die Entwicklung des Systems der Gesetzmäßigkeiten der Konstruktion und Entwicklung technischer Systeme durchgeführt [4]. Zweck . die Entwicklung war einfach: das Thema zu verstehen. Infolgedessen gab es im Wesentlichen drei des Augenblicks:

- das System der Muster ist tatsächlich viel komplexer als die Liste in [1];
- Einige der Regelmäßigkeiten lassen sich deduktiv begründen;
- vom System der Gesetzmäßigkeiten ist es notwendig, die Gesetze des TS-Aufbaus

zu trennen, und zwar Effizienz der TS, weil die Gesetze der Entwicklung innerhalb der Gesetze der Konstruktion wirken.

Die letzte These, als methodologisch wichtig, wurde 1983 in den Konferenzthesen [5] veröffentlicht. (siehe auch [6]), wurde auch in späteren Publikationen versucht, darauf aufmerksam zu machen. Aber . ohne Erfolg. Es ist durchaus verständlich, denn die Hauptwerke der TRIZ-Spezialisten nach den Gesetzen Die Konstruktion und Entwicklung technischer Systeme hat sich hauptsächlich auf die Beschreibung von Gesetzen konzentriert, ihre Klassifizierung und Auswahl von Beispielen [7], [8]. Die Frage der Mechanismen für die Funktionsweise der Gesetze, für die Diese methodologische These mag wichtig gewesen sein, wurde aber nicht berücksichtigt.

¹<https://www.metodolog.ru/node/2164>.

Ein solches Phänomen ist ganz typisch für die Entwicklung jeder wissenschaftlichen Erkenntnis. Wie in [9] erwähnt: „Die Wissenschaft bewegt sich wie mit dem Rücken zur Zukunft; sie drängt vorwärts und lässt uns überblicken der zurückgelegten Weg. Wer sich schneller bewegt und seine Zeitgenossen überholt, fällt aus dem Feld der Vision“.

Im Jahr 2017 versuchte N.A.Shpakowski im Artikel [10] N.A.Shpakowski über das Rechtssystem von V.M.Petrov den Prozess der Schaffung und TS-Entwicklung, nannte die Gesetze der Organisation wesentlich und die Gesetze der Evolution hilfreich. Dies ist die Einteilung ist nicht ganz korrekt, denn diese Gesetze haben unterschiedliche Wirkungsbereiche. Doch gerade die Tatsache Die Hervorhebung der besonderen Rolle der Gesetze der TS-Konstruktion ist richtig. Was ist die Besonderheit der Gesetze? des Gebäudes TS?

Es ist bekannt, dass alle TS Teil von zwei Beziehungssystemen sind: Natur und Gesellschaft (menschliche Gesellschaft). Sie werden von der Gesellschaft für menschliche Bedürfnisse geschaffen, aber unter Verwendung des natürlichen Substrats. Was die technischen Widersprüche betrifft, so zeigte sich dies in [11]: relations die Interdependenz der Konfliktparteien wird durch das natürliche Substrat bestimmt (daher diese Beziehungen sind bedingungslos), und die Beziehungen des Gegenteils werden durch Bewertungen der Gesellschaft bestimmt (daher relativ, nicht bedingungslos). Ein ähnliches Bild ergibt sich in Bezug auf die Gesetze von des Aufbaus und der Entwicklung der TS.

Es ist zu beachten, dass das Gesetz eine Zwangskategorie ist. Jedes bedingungslose Gesetz sollte Folgendes bestrafen für die Nichteinhaltung seiner Anweisungen. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die Gesetze der TS-Konstruktion erheblich von Entwicklungsgesetze (in ihrem Wesen und Wirkungsmechanismus). Gesetze der TS-Konstruktion als Reflexion das natürliche Substrat der Technologie ist bedingungslos: ihre Verletzung führt unmittelbar zur Funktionsunfähigkeit des Fahrzeugs (dann ist eine Bestrafung für ihre Verletzung unvermeidlich). Die Gesetze der Entwicklung spiegeln den Einfluss der Gesellschaft auf die Technik wider. und genau wie die Gesetze der Gesellschaft sind sie nicht bedingungslos. Ihre Verletzung führt nicht zu einer sofortigen Bestrafung, obwohl es die Entwicklung der TS von der optimalen Flugbahn nimmt. *Daher ist die Identifizierung des Mechanismus zur Erzwingung den Gesetzen der TS-Entwicklung zu folgen und gleichzeitig die Ausrüstung zu verbessern, ist die Aufgabe recht schwierig. Und so ist es auch. müssen Sie studieren.* Gleichzeitig macht die absolute Gültigkeit der Gesetze des TS-Gebäudes sie invariant gegenüber allen TS-Konvertierungen. Dementsprechend können sie verwendet werden, um Folgendes zu steuern die Richtigkeit der Änderungen und kann, wie jede wesentliche Einschränkung, den Mechanismus beeinflussen die Gesetze der TS-Entwicklung.

Diese Bestimmungen beziehen sich auf theoretische Kenntnisse, die im Gegensatz zu den angewandten Kenntnissen nicht ist bei der Mehrheit der TRIZ-Spezialisten gefragt (so der Autor [12]). Angewandt. Für die TS-Synthese gelten in erster Linie die Gesetze der TS-Konstruktion. Aufgrund der bedeutenden Ihre Allgemeinheit ist zahlreichen logischen Konstruktionsregeln unterlegen. arbeitsfähige Fahrzeuge, die das Wesen der Ingenieursdisziplinen in verschiedenen Bereichen der Technik ausmachen. Gleichzeitig macht die allgemeine Natur der Gesetze der TS-Konstruktion sie universell genug. Und die getrennten Wirkungen dieser Gesetze haben einen eigenständigen Anwendungswert.

Die Gesetze der TS-Konstruktion werden in vielen Quellen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad beschrieben, zum Beispiel in [7], [13], [14], [15], [16], [17]. Dennoch erscheint es angebracht, dieses Thema kompakt zu umreißen mit unter Berücksichtigung der in den ver-

schiedenen Jahren geleisteten Arbeit.

Der wichtigste Systemfaktor für das TS ist seine wichtigste nützliche Funktion (GUF), die einem sozialen Bedürfnis entspricht. Die Umsetzung der GPF erfordert ihrerseits, dass eine Reihe von Funktionen einer niedrigeren Kommonalitätsebene – elementare nützliche Funktionen (EFF). Zum Beispiel für Fahrzeuge mit HPF „Transport von Fracht auf der Wasseroberfläche“ sollten die folgenden EPFs umgesetzt werden sollen:

- Gewährleistung der Platzierung und des Zurückhaltens der Ladung während des Transports;
- Sicherstellung der Rückhaltung des Fahrzeugs auf der Wasseroberfläche;
- Sicherstellung der Bewegung des Fahrzeugs auf der Wasseroberfläche;
- Kontrolle der Bewegung des Fahrzeugs.

Zur Realisierung von EFF im System sollten entsprechende Subsysteme vorgesehen werden. D.h. die **funktionale Vollständigkeit des TS** muss gewährleistet sein: alle folgenden Punkte müssen im System implementiert sein Subsysteme, die die Ausführung der GFP gewährleisten.

Die angegebenen ESPs stellen die erste Stufe der HPF-Zerlegung dar, ihre Zusammensetzung bleibt unverändert, wenn jede Änderung der Funktionsprinzipien der einzelnen Teilsysteme. Diese Stabilität der ESP-Zusammensetzung der ersten Ebene und entsprechende Subsysteme von TS macht sie zu einer Invariante und einem Marker einer bestimmten Gruppe (Klasse) von technischen Anlagen, die in eine bestimmte **funktionelle Nische** fallen, die GFP.

Die Durchführung der GTF und der entsprechenden EFFs wird durch die Struktur der TS gewährleistet, die folgende Personen vertritt sind Elemente des natürlichen Substrats, die auf eine bestimmte Art und Weise miteinander interagieren. Es ist darauf zurückzuführen, dass die Interaktion der Elemente nicht in all ihren Eigenschaften realisiert wird, sondern nur einige, sowie durch eine bestimmte Kombination von Eigenschaften bei der Interaktion und der Bildung von eine spezielle Systemeigenschaft, die nicht auf die Summe der Eigenschaften der in der Struktur enthaltenen Elemente reduzierbar ist. Gleichzeitig erzeugt sie aber auch eine strukturelle Redundanz des TS [18].

Die Anzahl und Zusammensetzung der Elemente, die in der Struktur enthalten sind, stimmt nicht mit der Anzahl und Zusammensetzung der funktionalen Subsysteme, da einige Elemente Teil mehrerer Subsysteme sein können.

Die funktionale Vollständigkeit des TS sollte der **strukturellen Vollständigkeit** des Systems entsprechen, vorausgesetzt, dass die Zusammensetzung der Elemente und die Wechselwirkungen zwischen ihnen ausreichend sein müssen, um alle die dem System der Elementarfunktionen inhärent sind. Diese Definition der strukturellen Vollständigkeit ist ausreichend Es ist trivial. Daher ist es ratsam, sich auf die Idee zu beziehen, als Prozess zu funktionieren geeignete Transformationen der natürlichen Flüsse (Stoffe, Energie und Information). Wie zum Beispiel Die Darstellung entspricht einer aus der Kybernetik bekannten strukturellen Verbindung, bestehend aus eines Wechselrichters (Black Box) mit Ein- und Ausgängen (einer der Eingänge kann der Manager). Die Darstellung des Funktionierens durch Thread-Konvertierung wird z.B. akzeptiert in zum berühmten Werk von R.Koller [19].

Nach dieser Darstellung kann das **Gesetz der strukturellen Vollständigkeit eines TS** wie folgt formuliert werden: **Die Zusammensetzung der Strukturelemente und die Wechselwirkungen zwischen ihnen sollten den Fluss der natürlichen Flüsse (Substanz, Energie und/oder Information) zu auf die richtigen Teile des Systems und eine solche Umwandlung dieser Ströme, die um alle elementaren Funktionen des Systems zu erfüllen.**

Die obige Definition bezieht sich auf die so genannten dynamischen Systeme (Maschinen, Instrumente und Geräte und Apparate), in denen die für den Menschen lebensnotwendigen natürlichen Prozesse realisiert werden, und zwar TS funktioniert. Es gibt jedoch auch Strukturen, die als statisch betrachtet werden. In [16] wurde jedoch gezeigt, dass die Einteilung in statische und dynamische Systeme in gewisser Weise Grad bedingt. Wenn man sich jedoch auf die Materialität oder Bedeutungslosigkeit der Dynamik verlässt... Prozesse, Strukturen lassen sich von Maschinen, Instrumenten und Geräten unterscheiden. In [13] wurde gezeigt, dass in Es ist möglich, das Analogon von Strömungen zu finden - es ist ein Bild der Verteilung von Spannungen und/oder Verformungen. Zum Beispiel ein Bild der Spannungsverteilung in einer Metallplatte mit variabler Quer Querschnitte mit Kerben und Mulden bei der Dehnung kommen dem Bild der Geschwindigkeitsverteilung sehr nahe. die Strömung einer nichtviskosen Flüssigkeit in einer Rohrleitung mit einer ähnlichen Querschnittsänderung, a sind ebenfalls ähnliche Teile, die den Fluss behindern. Das heißt, im Prinzip kann der Flow-Ansatz gilt auch für Gebäude. Dementsprechend kann Folgendes auch auf Gebäude angewandt werden die Formulierung der strukturellen Vollständigkeit.

In der TRIZ wurde der Flow-Ansatz zuerst von Yu.I.Khotimlyansky [20] vorgeschlagen. Wie angewandt auf wurde das Prinzip der Energiedurchflüsse vorgeschlagen ("eine Voraussetzung für des TS-Betriebs ist ein Durchgang von Energie durch alle Objekte des Systems"), sowie Es wurde vorgeschlagen, zwei Arten der Energieumwandlung (nach Art und nach Programm (parametrisch)) zuzuweisen. Dies vereinfachte die Strömungsmodellierung im Gegensatz zum Ansatz von R. Koller in gewisser Weise, die eine Liste von 12 Gruppen von physikalischen Elementarfunktionen vorschlug, von denen jede die Vorwärts- und Rückwärtsfunktion einschaltet.

Es ist zu beachten, dass bei der Konstruktion von integrierten Fließstrukturen (insbesondere in den sehr frühen Entwicklungsstadien) ist nicht ungewöhnlich. Zum Beispiel auf einem U-Boot in Als Energiequellen werden elektrische Akkumulatoren und Druckluft eingesetzt. Die Verbraucher elektrischer Energie benötigen Strom unterschiedlicher Art (konstant und abwechselnd, mit mit unterschiedlichen Spannungswerten). Druckluftverbraucher benötigen außerdem einen Luftstrom von verschiedene Drücke (Hoch-, Mittel- und Niederdruck). Darüber hinaus ist für einige Verbraucher erfordert eine unter Druck stehende Strömung von Hydraulikflüssigkeit, für die Folgendes verwendet wird elektrische Energie und Druckluft. Es ist auch notwendig, Meerwasser im Apparat zu bewegen. Natürlich, um alle erforderlichen Flüsse und Transformationen zu visualisieren. Energie wird ein erweitertes strukturelles Schema ausgearbeitet, das auf der Idee der Konverter basiert. als Black Boxes mit In- und Out. Mit dieser Art von Erfahrung, basierend auf dem vorgeschlagenen Ansatz Yu.I.Khotimlyansky, als Teil der komplexen Methode der Suche nach neuen technischen Lösungen gelang es einen ausreichend kohärenten Apparat zur strukturellen Synthese und Transformation zu entwickeln, durch den war es möglich, auch die Vepolanalyse zu ersetzen [21], [13]. Gleichzeitig ist die Energie Ketten, denn die Energiekomponente ist sowohl in den Materieströmen als auch in den Strömen von Informationen.

Das Gesetz der strukturellen Vollständigkeit im Fließen verbindet zwei traditionelle Gesetze Konstruktion der TS, „Vollständigkeit“ und „Energieleitfähigkeit“, siehe [1]. Es sei darauf hingewiesen, dass Der Wortlaut dieser Gesetze entspricht tatsächlich einigen Einzelfällen. In Wirklichkeit. ist das Bild komplexer. Und die Zusammensetzung der Struktur, selbst in verallgemeinerter Form, hängt weitgehend ab von ihrer Ernennung. Typische verallgemeinerte Funktionsstrukturen (für Maschinen, Informationssysteme usw.). und Strukturen) sind z.B. in [17] angegeben. Beispiele von Energieketten für verschiedene Zwecke werden in [13] vorgestellt.

Den größten Einfluss auf die Struktur des Systems haben die **Funktionsprinzipien** der Teilsysteme, d.h. natürliche Prozesse, Wirkungen und Phänomene, die in ihrer Gesamtheit die Leistung nützlicher Systemfunktionen. Das Funktionsprinzip kann nicht allein auf der Grundlage der Funktion definiert werden, auf einer qualitativen Ebene formuliert. Wie oben gezeigt, umfasst die funktionale Nische in der eine Reihe von technischen Systemen, die sich in ihren Funktionsprinzipien unterscheiden. Um genauer zu sein, abgesehen von die qualitative Beschreibung der Funktion sollte auch ihre quantitativen Merkmale umfassen (Parameter). Mit anderen Worten, eine funktionelle Nische kann in eine Anzahl kleinerer **funktionell-parametrischer Nischen** unterteilt werden, in denen es jeweils eine spezifische TS mit ihren eigenen quantitative Parameter und entsprechende Funktionsprinzipien der Teilsysteme [13].

Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Darstellung quantitativer Parameter der TS am Rande der TRIZ befindet. Es ist verständlich, da die gebräuchlichsten quantitativen Indikatoren bei Ansprüchen Nein. Bei diesem Verhältnis zur Zahl der TRIZ funktioniert das Gesetz jedoch tatsächlich nicht. den Übergang von quantitativen zu qualitativen Veränderungen, obwohl er in Veröffentlichungen über die Gesetze der TS-Entwicklung deklariert wird (siehe z.B. [7]). Dementsprechend fallen solche Kategorien aus der Praxis als, zum Beispiel die Materialität und die Verschärfung des Widerspruchs. Es ist nicht ungewöhnlich, eine Nischenansicht der Arbeitsweise der TS zu haben. In [13] wird zum Beispiel gezeigt Verteilung der Funktionsprinzipien von Fahrzeugen in Nischen mit Geschwindigkeits- und Gewichtsparametern. Ähnliche Abhängigkeiten sind in Abb. 1 und 2 für elektrische Akkumulatoren dargestellt.

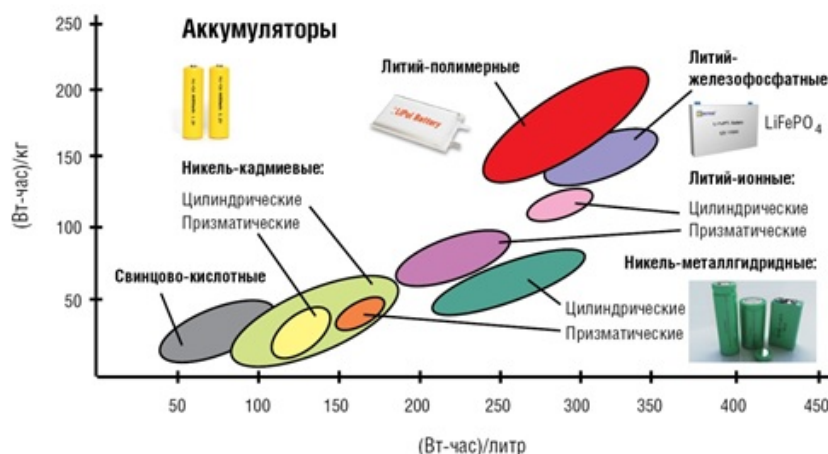


Abb. 1 – Verteilung der verschiedenen Typen von elektrischen Akkumulatoren auf die Nischen mit Parametern spezifische Energie pro Einheit von Masse und Volumen

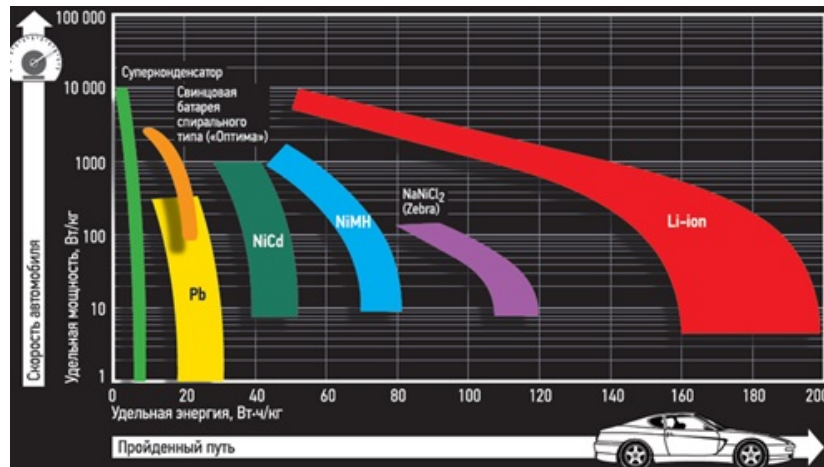


Abb. 2 – Verteilung der verschiedenen Typen von elektrischen Traktionsbatterien (Akkumulatoren) elektrische Energie) in Nischen mit spezifischer Leistung und spezifischen Energieparametern (pro Einheit Massen)

Eine ähnliche Verteilung haben auch Baumaterialien in den Nischen. Zum Beispiel, in Abb. 3 Die Abhängigkeit der Materialverteilung für die Gefäße von der entsprechenden zu den parametrischen Nischen.

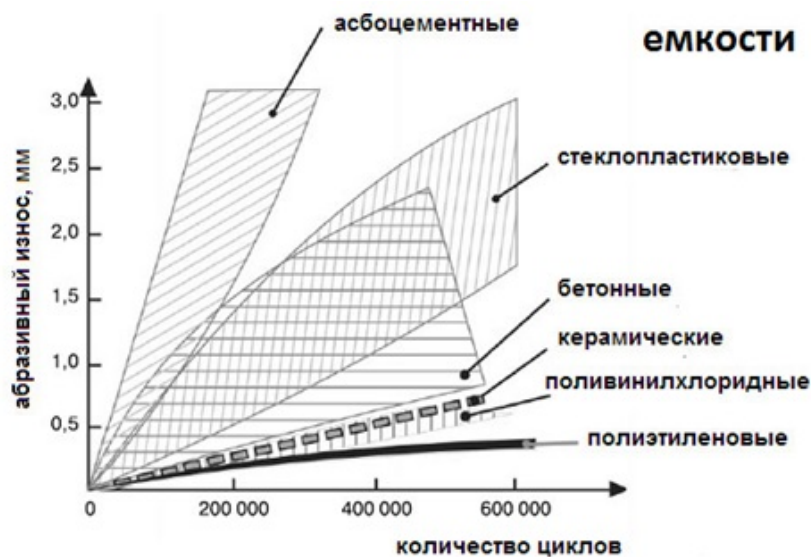


Abb. 3 – Verteilung der verschiedenen Materialtypen für Gefäße in den Nischen mit Parametern zulässiger abrasiver Verschleiß und Anzahl der Lastzyklen

So kann man berücksichtigen, dass für Konstruktionen die Änderung eines Materials eigentlich der Änderung von des Funktionsprinzips.

Im Gegensatz zur Funktion (GFP, EPF), die ein Spiegelbild der Ziele (Bedürfnisse) der Gesellschaft ist, Funktionsprinzip bezieht sich auf das natürliche Substrat als Mittel zur Ausführung einer Funktion. Daher ist TS als eine bestimmte Art von technischen Mitteln (ähnlich einem

biologischen Typ) ist es ratsam zu definieren, wie die Kombination (Einheit) des GPP und das Funktionsprinzip der wichtigsten (zentralen) Subsysteme. Unter letzterem wird ein solches Subsystem, EFF verstanden, das die Gruppe (Klasse) der TS unterscheidet, vereint durch eine gemeinsame GFP, aus ähnlichen Systemen. *Zum Beispiel, für Systeme mit GUFs, „die Umsetzung von“. Transport von Gütern auf der Wasseroberfläche“ wird das Haupt-(Zentral-)System ein Untersystem sein, sicherzustellen, dass das ESP „das Fahrzeug auf der Wasseroberfläche hält“, da die übrigen ESPs für fast alle Fahrzeuge, die Transportleistungen erbringen, typisch sind die Ladung.*

Eine Nischenbetrachtung der Handlungsprinzipien ist recht nützlich, erstens, weil sie ein ziemlich vollständiges Bild der tatsächlichen Möglichkeiten einiger oder anderer technologischer Effekte. Zweitens erfordert die Arbeit mit funktionalen parametrischen Nischen die folgende Unterscheidung wesentliche Parameter, die die Möglichkeiten der Handlungsprinzipien quantitativ charakterisieren, auf um Funktionen auszuführen. Drittens, wenn eine erhebliche unerwünschte Wirkung verursacht wird. (NE) ist eine Veränderung eines quantitativen Indikators, der eine Nischengrenze definiert, dann am wahrscheinlichsten, es ist notwendig, das Funktionsprinzip zu ändern (d.h. Übergang zu einem neuen Typ von TS).

Quantitative Funktionsmerkmale sind ebenso wichtig wie qualitative Merkmale. Wenn die Bedingungen für die Akzeptanz des TS für die Gesellschaft in Bezug auf das Funktionieren verallgemeinert werden sollen, gegeben, Zum Beispiel erhalten wir in [13], [15] und [22] die folgende Reihe von Bedingungen:

- die Hauptnutzfunktion (HPF) des TS sollte qualitativ (inhaltlich) und quantitativ den Anforderungen der Gesellschaft und/oder des technischen Umfelds entsprechen;
- die funktionelle Stabilität muss gewährleistet sein (einschließlich Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit und auf äußere Einflüsse);
- der erforderliche Grad der Kontrollierbarkeit des Funktionierungsprozesses muss gewährleistet sein;
- es sollte die Bequemlichkeit der menschlichen Interaktion mit dem Fahrzeug (einschließlich der Bequemlichkeit des Managements) gewährleistet sein, wenn eine solche Interaktion vorgesehen ist.

In Fällen, in denen eine Weiterentwicklung der zuvor geschaffenen und bereits funktionierenden TS stattfindet, quantitative Merkmale des Funktionierens sozusagen in funktionsfähigem Zustand festgelegt werden, und zwar bei basierend auf einer Analyse der Bedürfnisse der Gesellschaft und des technischen Umfelds. In Fällen, in denen TS erstellt wird zum ersten Mal (Pionier-Entwicklung), ist es nützlich, die Notwendigkeit der Überwindung **parametrischer Schwellenwerte**, die die Leistung des Systems charakterisieren [13]. **Physikalische** parametrischer Schwellenwert definiert die Bedingungen für einen nachhaltigen Systembetrieb. *Zum Beispiel, damit das Flugzeug selbstbewusst fliegen, sollte der maximale Wert der erzeugten Auftriebskraft 10-20% betragen. um das Gewicht des Flugzeugs zu überschreiten. Und jedes Überwasserschiff in voller Ladung muss einen Anteil Rümpfe, die nicht in Wasser eingetaucht sind (Oberflächenbrett), was die Überlebensfähigkeit des Schiffes unter verschiedenen Bedingungen gewährleistet von äußeren Einflüssen.* Die **funktionelle** parametrische Schwelle bestimmt das Niveau von quantitative Parameter des Funktionierens, bei denen die geschaffenen technischen Mittel bereits kann nur als eine Demonstrationsfahrt angesehen werden. *Zum*

Beispiel wird ein Flussdampfer ein echtes Fahrzeug, wenn er durch eine Tankstelle gegen Die Strömungen entsprechen mindestens der Entfernung zwischen den beiden Yachthäfen. Und ein klares Zeichen dafür, dass wurde das Flugzeug nach einem Blerio-Flug in die Reihe der einsatzfähigen Fahrzeuge aufgenommen. über den Ärmelkanal.

Eine der bedingungslosen natürlichen Bedingungen der Fahrzeugleistung ist die Bereitstellung von ein **bestimmtes erforderliches Mindestmaß an Konsistenz der TS-Struktur**. In [14] gab es Es hat sich gezeigt, dass strukturelle Kohärenz eine systemimmanente Eigenschaft ist. Unkoordinierte Systeme sind nicht praktikabel. Gleichzeitig wurde vorgeschlagen, dass der Harmonisierungsprozess geteilt werden sollte TS in zwei Stufen: die erste Stufe der Leistungssicherung - „**Schwellenwertvereinbarung**“, und weitere „**Optimierungskoordination**“. Die Schwellenwerte werden natürlich rechtzeitig angeglichen. (gilt als erfüllt, wenn die Betriebsfähigkeit des Fahrzeugs erreicht ist), und quantitative Bedingungen des Schwellenwerts Abkommen haben die Form von Ungleichheiten („nicht weniger“, „nicht mehr“). Optimierungskoordination kann über den gesamten Lebenszyklus der TS und die quantitativen Bedingungen der Optimierung Konsonanzen haben die Form von Gleichungen (Gleichungen). Um solche Gleichungen nicht zu überstrapazieren. ein mehrstelliger Begriff wie „Vereinbarung“, kann ein anfänglicher (Schwellen-)Vereinbarungsprozess implementiert werden um den in der Evolutionsbiologie verwendeten Begriff „**Konjugation**“ zu bezeichnen [23]. Am . bei der Implementierung der Schnittstelle ist die Struktur notwendigerweise auf die Funktion abgestimmt, und auch die Interaktion der Strukturelemente untereinander qualitativ und quantitativ.

Als Ergebnis der Konjugation ist die **Konformität von Struktur und Funktion** der TS gegeben, d.h. ein ziemlich wichtiges absolutes Gesetz der Konstruktion. Es sei angemerkt, dass in [17] dieses Gesetz... wird als „Eignung für Funktion und Struktur“ formuliert, mit Nachweis der Objektivität wird diese Korrespondenz hervorgehoben. Diese Tatsache lässt sich dadurch erklären, dass der Übergang von Funktion zu Struktur, wie bei jedem Übergang vom Ziel zum Medium, ist ein Syntheseverfahren, das in ist prinzipiell nicht eindeutig im Ergebnis. Ein eindeutiger Übergang von einer Funktion zu einer Struktur ist nur möglich in trivialen (stereotypen) Fällen und ist bei der Suche nach neuen Lösungen praktisch nicht anzutreffen. Das ist richtig. Gleichzeitig ist der Übergang von der Struktur zur Funktion ein analytisches Verfahren mit einer bestimmten Ergebnis: Was ist die Struktur, was ist die Zusammensetzung und das Zusammenspiel der Elemente, und was sind die Funktionen, die von dieser Struktur durchgeführt werden. Gleichzeitig werden innerhalb der Grenzen der eindeutig festgelegten Korrespondenz von Struktur und Funktion ist auch eine gültige These über die Korrespondenz von Funktion und Struktur.

In jedem Fall gibt es eine wichtige Implikation dieses Gesetzes: **die Entsprechung zwischen Komplexität und Komplexität**. Funktionen und Strukturen. Eine der Manifestationen dieser Korrespondenz ist das formulierte R.U.Ashby „das Prinzip der notwendigen Vielfalt“ - die Vielfalt des Managementsystems sollte nicht weniger Vielfalt des Kontrollobjekts [16]. Nach diesem Prinzip, mit zunehmender Komplexität des Kontrollobjekts, sollte auch die Komplexität des Kontrollsystems zunehmen.

Auf der Grundlage der genannten Konsequenz lässt sich ein **Gesetz der Aufrechterhaltung der Komplexität** formulieren, das manifestiert sich hauptsächlich im Prozess der TS-Entwicklung. In Übereinstimmung mit diesem Gesetz, zur Vereinfachung die Struktur des Systems nicht willkürlich ist. Es ist notwendig, entweder die Funktion des Systems zu vereinfachen

chen (sein Volumen zu reduzieren), indem einige Funktionen auf das Supersystem übertragen werden, oder, unter Beibehaltung der Komplexität der Funktion, die Komplexität innerhalb der Struktur auf andere Systemebenen zu übertragen (um die Funktionen der einzelnen Systemebenen zu komplizieren). Elemente - "funktionell - perfekte Gerinnung" oder übersetzen die Komplexität auf eine Mikroebene, Erschwerung der verwendeten Bewegungsform der Materie - „Änderung des Funktionsprinzips des Teilsystems“).

Durch die Wirkung dieses Gesetzes wird das in der TRIZ bekannte Phänomen, wie „die Welle der Vollkommenheit“. In der Anfangsphase dieser Welle wurde aufgrund der unterschiedlichen Funktionsweise der in Raum und Zeit, in Übereinstimmung mit dem Akt des Exzellenzgesetzes gibt es eine entsprechende Komplikation der Systemstruktur. Diese Komplikation führt zu Reduzierung der Zuverlässigkeit des Systembetriebs (NE), der ab einem bestimmten Moment einsetzt Vereinfachung der Struktur. Formen zur Erreichung der erforderlichen Vereinfachung (Übergang zu einem Supersystem, Übergang zum zur „idealen“ Substanz usw.) [24] entspricht durchaus dem Gesetz der Komplexitätserhaltung. [13].

Bei dem Prozess der Verknüpfung von Elementen in der Struktur des TS ist es auch notwendig, ein **Minimum von das für die Funktionsfähigkeit erforderliche Maß an Systemsteuerbarkeit**. Wie bereits erwähnt, Beispielsweise können Sie in [16] nur ein dynamisches System steuern, d. h. ein System, das rechtzeitig, um verschiedene Zustände in einem durch das inhärente System definierten Bereich zu akzeptieren mit Freiheitsgraden. Doch nicht alle dynamischen Systeme erfordern ein Management. Kontrolle wie... die gezielte Einwirkung auf das System durch das jeweilige Teilsystem erforderlich ist, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- das System in einigen seiner Staaten dynamisch ist;
- Es besteht die Notwendigkeit, das System in einen bestimmten Zustand aus den Reihen möglich (und/oder es in diesem Zustand zu halten);
- es nicht möglich ist, das System durch den Basisprozess in den erforderlichen Zustand zu bringen des Funktionierens.

Zum Beispiel, wenn ein Gegenstand auf Stoßdämpfern montiert ist, um zu verhindern der Ausbreitung des Vibrationsflusses, dann erlangt er viele Freiheitsgrade und wird... dynamisch. In den meisten Fällen ist die Aufrechterhaltung eines bestimmten Zustandes von der ursprünglichen Viele mögliche Staaten sind einfach nicht erforderlich: all diese werden als akzeptabel angesehen. Es gibt eine Reihe von wo eine niederfrequente ("weiche") Abschreibung angewendet wird, ist es notwendig den Umfang der Bewegung des Objekts in einigen Einsatzsituationen begrenzen. In diesem In den meisten Fällen werden zusätzlich zu den Niederfrequenz-Stoßdämpfern auch Hochfrequenz-Stoßdämpfer eingesetzt. ("harte") Stoßdämpfer, die nach Überschreiten eines bestimmten Abschreibungsniveaus in Betrieb genommen werden. den Wert der Bewegungen des Objekts (aufgrund der Tatsache, dass das Objekt einfach mit „harten“ Gegenständen in Berührung kommt) Stoßdämpfer). Es sind keine besonderen Kontrollmaßnahmen erforderlich. Allerdings . Es gibt Betriebsbedingungen, unter denen eine Bewegung des Objekts nicht zulässig ist. In diesem Fall besteht die Notwendigkeit einer gezielten Abschaltung der Abschreibung, die durchgeführt wird für durch die Einführung eines geeigneten Steuerungssubsystems (z.B. durch die Erweiterung der von starren Verankerungen).

Es ist zu beachten, dass die Bedürfnisse der Gesellschaft dem Bedürfnis entsprechen, das Objekt an die eine Bedingung und/oder Beibehaltung dieser Bedingung. Gezielte Kontrolle durch ein geeignetes dediziertes Subsystem dafür ist nur ein Mittel (und am häufigsten gezwungen). Um die Effizienz des Fahrzeugs zu gewährleisten, ist es daher notwendig, in erster Linie Folgendes zuzuweisen Es ist die Art von Kontrollaktionen, ohne die das System wirklich nicht funktionieren kann.

Da die meisten TS durch einen Prozess gekennzeichnet ist, der ihr Funktionieren gewährleistet, ist es notwendig Notwendige Kontrollmaßnahmen in solchen Fällen sind die Anlaufvorgänge und Betriebsunterbrechungen. Andere notwendige Kontrollmaßnahmen werden festgelegt die Besonderheiten der Funktionsweise und die Funktionsprinzipien der Teilsysteme. *Zum Beispiel für eine Dampfturbine. Das erforderliche Mindestmaß an Regelbarkeit kann durch das Teilsystem gewährleistet werden, die den Dampfdruck gewährleistet und diesen Fluss stoppt. Wenn die Turbine funktioniert sieht eine Geschwindigkeitsänderung und/oder Stabilisierung vor, um dann Es wird notwendig sein, ein geeignetes Steuerungssystem hinzuzufügen. Dasselbe Muster ist bei der Dampfmaschine zu beobachten. Da jedoch sein Funktionsprinzip nimmt zyklische Bewegung des Kolbens mit entsprechender Änderung der Arbeitsströme an und Abdampf, muss auch in der Dampfmaschine ein Teilsystem vorhanden sein. Steuerung der vorgegebenen Flüsse (synchron mit der Kolbenbewegung).*

In einigen Fällen besondere Dynamik einiger Parameter des Systems, das eine Zielsteuerung erfordert, ist auf den Einfluss des Umfelds zurückzuführen, in dem die TS tätig ist. *Ein Überwasserschiff kann zum Beispiel um sich auf allen drei Achsen zu bewegen und zu drehen. Allerdings sind sowohl vertikale Bewegungen als auch Rotationswinkel relativ zu den horizontalen Achsen (Rollen und Trimmen) werden durch die Auswirkungen der aquatischen Umwelt begrenzt und durch die Auswirkungen der Schwerkraft der Erde begrenzt. Und die Drehungen und Wendungen Auf der vertikalen Achse (Kurswinkel) gibt es keine natürlichen Einschränkungen. Daher gilt auf Schiffen müssen Sie ein Kurswinkelsteuerungs-Subsystem installieren.*

In der Regel sollte die Synthese des Regelungssubsystems mit der Bestimmung der Art der Auswirkungen auf die ein dynamisches Objekt oder einen Teil davon, wodurch Sie das Objekt in den gewünschten Zustand bringen können. Dann unter diese Art des Aufpralls auf das Objekt wird unter Berücksichtigung des Funktionsprinzips des Steuerungssubsystems ausgewählt die im System und/oder in seiner Umgebung verfügbaren Ressourcen. *Noch einmal, zum Beispiel die Über-Wasser ein Schiff, wir bekommen das, um das Schiff auf der Kurskurve um die vertikale Achse auf dem Schiff zu drehen, ist es notwendig mit einem horizontal wirkenden Moment zu handeln. Für ein fahrendes Schiff. Eine der einfachsten Möglichkeiten, einen solchen Moment zu schaffen, ist die Schaffung einer der hydrodynamischen Kraft in einem der Enden des Rumpfes (es ist effizienter, eine solche Leistung im Heck). Um die erforderliche hydrodynamische Kraft zu erzeugen, wurde ein Flügel (Platte) in das Wasser gestellt, die sich relativ zur vertikalen Achse drehen könnte, wodurch der erforderliche Anstellwinkel., bzw. die erforderliche Kraft- und Drehmomentmenge. Und diesen Flügel (Ruder) in der Zusammensetzung von das Steuersystem muss mindestens den Antrieb einschalten, der seinerseits von einem menschlichen Wesen kontrolliert zu werden.*

Wenn sich der Objektzustand aufgrund bestimmter Transformationen irgendeines Flusses ändert, dann ist für Die Bewältigung des Wandels bei diesem Wandel ist eine der strukturellen Verbindungen, die der Strom sollte den notwendigen Einfluss auf den Strom und die

strukturelle Verbindung selbst in seine eigene die Warteschlange muss empfänglich sein für die entsprechende Zielsteuerungsaktion (d.h. soll variabel sein).

In [17] werden als Konstruktionsgesetze die **Symmetriegesetze der technischen Objekte** erwähnt, in nach der ein technisches Objekt, das eine bestimmte signifikante Auswirkung hat Umwelt in Form von Stoff-, Energie- oder Informationsflüssen eine bestimmte Art von Symmetrie aufweist, aufgrund der Kombination und Art dieser Ströme. Tatsächlich sind die meisten Transporte Mittel zum Beispiel symmetrisch in Bezug auf die vertikale Ebene sind, die entlang der zur Fahrtrichtung dieser Fahrzeuge. Dies ist auf die Schwerkraft der Erde zurückzuführen, und das Fehlen einer solchen Schichtung der Auswirkungen in horizontaler Flugzeuge. Dieses Phänomen sollte jedoch **nicht als Gesetz, sondern als natürliche Tendenz** betrachtet werden, weil es bekannte Ausnahmen von der Symmetrie gibt im Fall von Der symmetrische und homogene Einfluss des Mediums ermöglicht eine Optimierung der TK (siehe z.B. [25]). Thema Nicht weniger verdienen die in [17] aufgeführten Regeln Aufmerksamkeit, Untersuchung und Einbeziehung in die Umlaufbahn der TRIZ.

Jede Symmetrie ist in der Tat eine Einschränkung der Vielfalt. Das ist im Falle einer Gleichförmigkeit der Einflüsse der Fall. Umfeld oder Funktion, wird auch in der Struktur eine entsprechende Reduktion der Vielfalt realisiert. Mit anderen Worten. Hier geht es darum, das Gesetz der Übereinstimmung zwischen Struktur und Funktion aufzuzeigen.

Quellen

1. G.S. Altschuller. Kreativität als exakte Wissenschaft. Moskau, 1979.
2. V.M. Petrov. Gesetze der Entwicklung TS. Bericht auf dem Seminar der TRIZ-Entwickler (Petrosawodsk 1982). Leningrad, 1982.
3. V.M. Petrov. Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung technischer Systeme. In: Methodik und Methoden technischer Systeme. der Kreativität. Thesen von Berichten und Botschaften an die wissenschaftlich-praktische Konferenz. Nowosibirsk, 1984. S. 52-54.
4. B.I. Goldovsky. Gesetzmäßigkeiten der Konstruktion und Entwicklung technischer Systeme (1981-1983). <http://triz-summit.ru/ru/205253/203840/Gold/303251/>
5. B.I. Goldovsky. Probleme der Modellierung der Entwicklung technischer Systeme (auf Russisch). Entwicklung regionaler wissenschaftlich-technischer Systeme. praktische Konferenz „Probleme der Entwicklung der wissenschaftlichen und technischen Kreativität der ITR“. Thesen reports - Gorki, 1983.
6. B.I. Goldovsky. Noch einmal zum Platz der TRIZ (2013). <http://www.metodolog.ru/node/1593>.
7. V.M. Petrov. Die Gesetze der Systementwicklung. Monographie. Tel Aviv, 2013.
8. A.L. Lubomirski, S.S. Litvin. Gesetze der Entwicklung technischer Systeme. GEN3-Partner, 2003. <http://www.metodolog.ru/00767/00767.html>.
9. L.S. Salamon. Über einige Faktoren, die die Wahrnehmung eines neuen Wortes in der Wissenschaft bestimmen (auf Russisch). In: Wissenschaftlich. Entdeckung und ihre Wahrnehmung. Moskau, 1971, S. 113.

10. N.A. Shpakovsky. Gesetze der Systementwicklung und Linien ihrer Entwicklung. In: Sammlung von Berichten der IX internationalen Konferenz „TRIZ. Praxis der Anwendung und Entwicklung von methodischen Werkzeugen“. Moskau, 10.-11. November 2017. Band 2, S. 177-190. <http://trizofication.ru/conference2017>.
11. B.I. Goldovsky. Über Widersprüche in technischen Systemen. Teil 2. Nischnij Nowgorod, 1999. Hinterlegt im ChOUNB 28.02.2000 Nr. 2547. <http://www.metodolog.ru/00001/00001.html>.
12. B.I. Goldovsky. Einige Reflexionen über das Wesen der TRIZ. (2017) <http://triz-summit.ru/205253/203840/gold/303614>
13. B.I. Goldovsky, M.I. Vainerman. Rationale Kreativität. Moskau, 1990.
14. B.I. Goldovsky. über das Gesetz der „Harmonisierung technischer Systeme“. (2013) <http://www.metodolog.ru/node/1632>
15. B.I. Goldovskiy. Über Spezialisierung, Universalisierung und Hybridisierung. Sammlung von Berichten der VIII internationalen Konferenz „TRIZ: Praxis der Anwendung und Probleme der Entwicklung“. Moskau 11.-12. November 2016. S. 213-228
16. B.I. Goldovsky. Über Dynamik und Handhabbarkeit technischer Systeme (2017) <http://www.metodolog.ru/node/2041>; <http://triz-summit.ru/205253/203840/Gold/303482/>
17. A.I. Polovinkin. Grundlagen der Ingenieurskreativität: Lehrbuch, Handbuch für Studenten höherer Bildungseinrichtungen. Moskau, 1988.
18. B.I. Goldovsky. Ist es möglich, Perfektion zu messen? (Anmerkungen zum zentralen Muster der TRIZ) (2012). <http://www.metodolog.ru/node/1484>.
19. R. Koller. Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. Berlin, 1976. Russ. Übersetzung unter <http://www.metodolog.ru/00348/00348.html>.
20. Yu. Khotimlyansky. Energieanalyse technischer Systeme. Baku, 1974.
21. B.I. Goldovsky et al. Eine umfassende Methode, um neue technische Lösungen zu finden. In 3 Teilen. Gorki, 1979, 1980.
22. C.M. Christensen. The Innovator's Dilemma. Warum etablierte Unternehmen den Wettbewerb um bahnbrechende Innovationen verlieren. München, 2011. (Englisches Original 1997)
23. Yu.M. Tschaikowsky. Aktive vernetzte Welt. Erfahrung mit der Theorie der Evolution des Lebens. Moskau, 2008.
24. I.M. Kondrakow. Die Welt kennen lernen. Lehrbuch. St. Petersburg, 2015.
25. B.I. Goldovsky. Originale Flugzeuge von Bert Rutan (2016). <http://triz-summit.ru/205253/203840/Gold/302917/>.