

Source: <http://www.altshuller.ru/triz0.asp>

© Altshuller, G. S., Schapiro, R.B., 1956

ZUR PSYCHOLOGIE DES ERFINDENS

//WOPROSY PSICHOLOGII, Nr. 6, 1956. - S. 37-49

Übersetzung: Yury Goryunov, Überarbeitung: Bekir Celik, Dr. Robert Adunka

Die Erforschung der Psyche eines Menschen, der Arbeitsmittel weiterentwickelt, hat große Bedeutung für die Untersuchung und das Verständnis der Gesetzmäßigkeiten des technischen Erfindens, der Grundlage des technischen Fortschritts.

Leider gibt es zwischen der enormen Bedeutung des technischen Erfindens und der Aufmerksamkeit, die ihm bisher in der psychologischen Wissenschaft gewidmet wurde, eine ganz offensichtliche Diskrepanz. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass die einzige Monografie zu dieser Frage in der sowjetischen psychologischen Literatur, das Buch "Der schöpferische Arbeitsprozess bei Erfindern" von P. M. Jakobson, bereits 1934 [7] veröffentlicht wurde. Aufgrund des Fehlens anderer Untersuchungen hatte und hat das Buch von P. M. Jakobson, ungeachtet der unrichtigen Ausgangsanahmen des Verfassers, einen bedeutenden Einfluss auf die Darstellung der Probleme der Psychologie des technischen Erfindens in den Vorlesungen zur allgemeinen Psychologie, in Monografien, die der Arbeitsorganisation von Wissenschaftlern gewidmet sind, und schließlich auch in der populärwissenschaftlichen Literatur.

Dieser Arbeit wurde das bereits von D. Rosman [8] entwickelte formalchronologische Klassifizierungssystem für die Stadien des Erfindungsprozesses zugrunde gelegt.

Anstelle die inneren Gesetzmäßigkeiten des Schaffens eines Erfinders zu untersuchen, setzen D. Rosman und P. M. Jakobson ein Gleichheitszeichen zwischen von ihrer psychologischen Natur her so unterschiedlichen Prozessen wie dem Stadium der Suche nach Lösungen und dem Stadium der technischen Gestaltung der Erfindung. Das ist dadurch hervorgerufen, dass weder D. Rosman noch P. M. Jakobson die Besonderheiten des technischen Erfindens im Allgemeinen und des erfinderischen Schaffens im Besonderen aufgedeckt haben. Die grundlegenden prinzipiellen Fragen der Psychologie des erfinderischen Schaffens blieben ungelöst; anstatt diese zu untersuchen, operierten die Verfasser mit Begriffen, frei von einem konkreten wissenschaftlichen Inhalt, wie "Beleuchtung", "Erleuchtung", "Vermutung", "Erweckung", "Durchdenken" usw.

Von dem gleichen falschen Standpunkt aus sind die entsprechenden Abschnitte der Monografie von K. G. Woblyj "Arbeitsorganisation bei Wissenschaftlern" geschrieben. "In der Vorstufe des Erfindungsprozesses", schreibt K. G. Woblyj, "kann man folgende Etappen unterscheiden: Vorbereiten, Durchdenken, Reifung und Erleuchtung. In dem täglichen Lauf der Gedanken überdecken sich diese Etappen häufig" [2; 123-124]. Es ist nicht uninteressant zu vermerken, dass diese "Analyse" bei weitem kein Schritt vorwärts im Vergleich zu der bereits vor mehr als 50 Jahren gemachten Aussage von T. Ribot ist: "Wenn diese verborgene Arbeit in einem ausreichenden Maße durchgeführt ist, taucht die Idee der Lösung plötzlich auf, infolge einer absichtlichen geistigen Anspannung oder bei irgendeinem Geisteseinwand, als ob dieser den Vorhang heben würde, hinter dem das Bild der angestrebten Lösung verborgen gewesen war" [5; 228].

Die Grundlage dieser Sichtweisen bildet die bereits von A. Bain entwickelte Theorie des "konstruktiven Intellekts", die die gesamte Vielfalt der Prozesse des technischen Erfindens zu einem "gedanklichen Experiment" zusammenführt, das nach "dem Prinzip Versuche und Fehler" abläuft. Der Einfluss dieser Theorie hat sich sogar in einem so gewichtigen Werk wie den "Grundlagen der allgemeinen Psychologie" von S. L. Rubinstein niedergeschlagen: "Wenn der Punkt, der eine Rationalisierung, eine Veränderung, die Einführung von etwas Neuem erfordert, gefunden, bemerkt, erkannt ist und sich in dem Bewusstsein des Erfinders festgesetzt hat, beginnt ein eigentümlicher Prozess, in dem dieser Punkt die verschiedensten Beobachtungen und alle möglichen Kenntnisse, die ihm in den Sinn kommen, an sich zieht und sie aufsaugt: als ob sich alle diese Beobachtungen und Fakten auf den zentralen Punkt richten und in eine Beziehung zu dem Problem treten, das den Sinn des Erfinders beherrscht, und in seinem Kopf entsteht eine Vielzahl von mitunter ganz unerwarteten Gegenüberstellungen" [6;576].

Gleichzeitig hat S. L. Rubinstein zum ersten Mal richtig auf die charakteristischen Besonderheiten des erfinderischen Schaffens hingewiesen: "Die Spezifik des Erfindens, die es von anderen Formen der kreativen intellektuellen Tätigkeit unterscheidet, besteht darin, dass es eine Sache, einen realen Gegenstand, einen Mechanismus oder eine Methode schaffen soll, die ein bestimmtes Problem lösen. Damit ist das Besondere der kreativen Tätigkeit des Erfinders definiert: der Erfinder soll etwas Neues in den Kontext der Wirklichkeit, in den realen Ablauf einer Tätigkeit einführen. Das ist etwas grundsätzlich anderes als ein theoretisches Problem zu lösen, in dem eine begrenzte Anzahl von abstrakt erhobenen Bedingungen zu berücksichtigen ist. Dabei ist die Wirklichkeit durch die Tätigkeit des Menschen, die Technik historisch mittelbar: in ihr ist die historische Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens verkörpert. Deshalb muss man beim Erfinden von dem Kontext der Wirklichkeit, in den etwas Neues eingeführt werden soll, ausgehen und den entsprechenden wissenschaftlichen Kontext berücksichtigen. Damit sind die allgemeine Richtung und der spezifische Charakter der verschiedenen Glieder in dem Erfindungsprozess bestimmt" [6; 575].

Diese Definition ist jedoch nicht ganz genau. Denn auch ein Architekt zum Beispiel muss einen "realen Gegenstand" schaffen, etwas Neues in den "Kontext der Wirklichkeit" einbringen und dabei den "entsprechenden wissenschaftlichen Kontext" berücksichtigen.

Aufgrund dieser Ungenauigkeit ist ein sehr fruchtbarer und wertvoller Gedanke praktisch unbemerkt geblieben: in den weit verbreiteten Lehrbüchern wird bis heute nur von dem kreativen Schaffen "im Allgemeinen" gesprochen.

Die Psychologie des kreativen Schaffens ist einer der am schwächsten entwickelten Zweige der psychologischen Wissenschaft.

Das kreative Schaffen ist ein komplizierter Prozess, dessen Gesetzmäßigkeiten vielfältig und schwer fassbar sind. Die Spezifik des Erfindens jedoch vereinfacht in einem gewissen Maße das Problem des Forschers. Die Ergebnisse des kreativen Schaffens in der Kunst hängen nicht nur von der objektiven Realität, die das Kunstwerk widerspiegelt, sondern auch von der Weltanschauung des Autors, von seinen ästhetischen Idealen und von vielen, auch zufälligen, Ursachen ab. Das Erfinden aber hängt mit der Veränderung der Technik, die sich nach bestimmten Gesetzen entwickelt, zusammen. Die Schaffung neuer Arbeitsmittel muss sich, unabhängig von dem subjektiven Verhältnis dazu, objektiven Gesetzmäßigkeiten unterwerfen. Eine Darstellung in der Kunst kann sich, allgemein gesprochen, in vielem von der Wirklichkeit

abheben (zum Beispiel in Märchen, Legenden, Mythen). Ein technisches Problem jedoch kann nicht anders als in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Wissenschaft und in Abhängigkeit von den Gesetzmäßigkeiten der technischen Entwicklung gelöst werden.

Die Erforschung der Psychologie des Erfindens kann nicht losgelöst von der Untersuchung der Hauptgesetzmäßigkeiten der technischen Entwicklung vorgenommen werden. Die Arbeit des Erfinders ist orientiert auf die Schaffung neuer technischer Objekte, der Erfinder ist Teilnehmer des technischen Fortschritts. Deshalb wird die Psychologie des Erfindens nur bei tiefgreifender Kenntnis von den Gesetzen der technischen Entwicklung verständlich. Das bedeutet natürlich nicht, dass sich der Forscher nur mit der Untersuchung des Mechanismus des technischen Fortschritts befassen soll. Das Besondere der Psychologie des Erfindens als Wissenschaftsdisziplin besteht in der Notwendigkeit, gleichzeitig die objektiven Gesetzmäßigkeiten der technischen Entwicklung und subjektive, psychologische Faktoren zu berücksichtigen. Die Psychologie des Erfindens ist vor allem ein Bereich der psychologischen Wissenschaft. Deshalb steht in ihrem Zentrum die psychische Tätigkeit des erfindenden Menschen, des Menschen, der die Technik weiterentwickelt und ergänzt. Die Psychologie des Erfindens dient als Brücke zwischen der subjektiven Welt der menschlichen Psyche und der objektiven Welt der Technik und muss deshalb bei der Erforschung des Erfindens die Gesetzmäßigkeiten der technischen Entwicklung berücksichtigen.

Der Erfindungsprozess hat zwei Seiten: eine materiell-gegenständliche und eine psychische. Um die materiell-gegenständliche Seite des Erfindens aufzudecken, muss man die Geschichte der technischen Entwicklung kennen und die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten des technischen Fortschritts verstehen. Die Erforschung der Materialien zur Geschichte der Technik, die Analyse konkreter Erfindungen sind eine der wichtigsten Quellen der Psychologie des technischen Erfindens.

Um die psychologischen Gesetzmäßigkeiten des Erfindens aufzudecken, muss man den Prozess der kreativen Tätigkeit der Erfinder systematisch beobachten, die Erfahrungen von Neuerern verallgemeinern, den Prozess des Erfindens experimentell durch Versuchsanordnungen unter Bedingungen, die den tatsächlichen Bedingungen so nahe wie möglich kommen, erforschen.

In dieser Richtung haben wir seit 1948 gearbeitet. Es wurde eine Vielzahl von Materialien zur Geschichte der Technik, eine umfangreiche Memoirenliteratur, die die Arbeit großer Erfinder zum Thema hatte, untersucht. Systematisch wurden die Beschreibungen der Erfindungen, die zu dem Bestand der Erfindungen der Sowjetunion gehören, und die Patentliteratur des Auslands studiert. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Verallgemeinerung der Erfahrungen der Neuerer führender sowjetischer Industriebetriebe zuteil. Wir haben auch die Ergebnisse der eigenen Beobachtungen bei der kreativen Arbeit von Erfindern und Rationalisatoren der Erdölindustrie Aserbaidshans genutzt. Die gewonnenen Schlussfolgerungen wurden einer praktischen Überprüfung in zwei Maschinenbaubetrieben, in der Cracking-Anlage "Wano Sturua" und in dem Werk Nr. 8 der Verwaltung der Erdölbetriebe "Leninneft" unterzogen.

Um sich über die gewonnenen Ergebnisse richtig klar zu werden, muss man sich mit den grundlegenden Gesetzmäßigkeiten der technischen Entwicklung vertraut machen. Diese Gesetzmäßigkeiten sind kompliziert und vielgestaltig. Da ihre Darlegung nicht Aufgabe unseres Artikels ist, beschränken wir uns lediglich auf die Angaben, die für das Verstehen des Wesens des Erfindungsprozesses notwendig sind.

K. Marx gab in dem "Kapital" eine strukturelle und funktionale Charakterisierung der Maschinen: "Jede entwickelte Maschinerie besteht aus drei sich deutlich voneinander unterscheidenden Teilen: der Maschine als Motor, dem Übertragungsmechanismus, schließlich der Maschine als Werkzeug oder der Arbeitsmaschine. Die Motormaschine wirkt als treibende Kraft für den gesamten Mechanismus. Sie entwickelt die treibende Kraft entweder selbst, wie die Dampfmaschine, die Wärmemaschine, die Elektromagnetmaschine usw., oder sie erhält einen Impuls von außen, von irgendeiner fertigen Kraft der Natur, wie das Wasserrad von dem herabfallenden Wasser, die Flügel der Windmühle vom Wind usw. Der Übertragungsmechanismus reguliert die Bewegung, verändert, falls notwendig, ihre Gestalt, verwandelt sie zum Beispiel von einer Pendelbewegung in eine Kreisbewegung, verteilt sie und überträgt sie auf die Arbeitsmaschinen. Diese beiden Teile des Mechanismus sind allein dazu da, die Arbeitsmaschine in Bewegung zu versetzen, dank dessen ergreift diese den Arbeitsgegenstand und verändert ihn zweckentsprechend" [1; 378-379].

Zwischen den Hauptbestandteilen der Maschine - der Arbeitsausrüstung, dem Übertragungsmechanismus (der Transmission) und dem Motor besteht ein bestimmtes Verhältnis, denn alle diese Teile stehen in einer engen Wechselbeziehung und bedingen sich gegenseitig. Die Biologen kennen schon lange das Gesetz, das Darwin das Gesetz von der Verhältnismäßigkeit des Wachstums genannt hat: eine Änderung einzelner Teile eines organischen Wesens ist immer mit einer Änderung seiner anderen Teile verbunden. Dieses Gesetz ist ein spezieller Fall des bekannten Grundsatzes der marxistischen Dialektik über die allgemeine Verbundenheit der Erscheinungen. Die wechselseitige Bedingtheit der einzelnen Bestandteile einer Maschine im Prozess ihrer Entwicklung ist ein anderer spezieller Fall des allgemeinen Gesetzes der Dialektik.

Das Bestehen einer wechselseitigen Beziehung zwischen den Hauptbestandteilen einer Maschine führt dazu, dass sich die Entwicklung des einen oder anderen Teils nur bis zu einer bestimmten Grenze als möglich erweist - so lange keine Widersprüche zwischen dem veränderten Teil der Maschine und den ohne Änderungen verbleibenden anderen Teilen entstehen. So braucht zum Beispiel eine ganz einfache "Vergrößerung der Abmessungen der Arbeitsmaschine und der Anzahl ihrer gleichzeitig tätigen Ausrüstungen einen stärkeren Antriebsmechanismus... Bereits im 17. Jahrhundert wurde der Versuch unternommen, zwei Laufräder und zwei Mahlgänge mit Hilfe eines Wasserrades anzutreiben. Die Vergrößerung der Abmessungen des Übertragungsmechanismus geriet jedoch in Konflikt mit der unzureichenden Kraft des Wassers..." [1; 382-383]. Die zwischen den einzelnen Teilen einer Maschine entstandenen Widersprüche sind eine Bremse für die Entwicklung insgesamt, denn eine Vervollkommnung der Maschine ist ohne die Einbringung von Veränderungen bei den betreffenden Teilen, ohne grundlegende Verbesserung ihrer Eigenschaften nicht möglich.

Nehmen wir die wesentlichen Fakten aus der Geschichte des Fahrrads. 1813 baute der österreichische Forstmeister Drais die "Laufmaschine" - das Vorbild des modernen Fahrrads. In Westeuropa waren die von den bedeutenden russischen Mechanikern L. Schamschurenkow und I. N. Kulibin konstruierten selbstfahrenden Equipagen nicht bekannt, und den ersten Fahrrädern von Drais fehlte das, was die Equipagen der russischen Erfinder hatten, eine Transmission: beim Fahren musste man sich mit den Füßen von der Erde abstoßen. Ohne Transmission hatte die weitere Vervollkommnung der Arbeitsorgane (der Räder) und der Steuerorgane keinen Sinn, und so kam ein unterhaltsames Spielzeug, aber kein Fortbewegungsmittel heraus. Erst die Einführung der Tretkurbel, die auf die Achse des Vorderrads gesetzt wurde, eröffnete die Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Fahrrads. Die Tretkurbel ermöglichte

die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, mit der Erhöhung der Geschwindigkeit stieg jedoch auch die Gefährlichkeit der Fahrt, bedingt durch die Unvollkommenheit der Steuerorgane. Die Erfindung der Bremsen (1845) beseitigte das Hindernis: das Arbeitsorgan konnte weiterentwickelt werden, indem man den Durchmesser des Antriebsrads vergrößerte und damit die Entfernung erhöhte, die von dem Fahrrad mit einer Umdrehung der Tretkurbel zurückgelegt wurde. Der Durchmesser des Vorderrads wird von Jahr zu Jahr größer: es tauchen die Hochräder mit einem riesigen Vorderrad auf. Schließlich erschöpfte sich der quantitative Entwicklungsweg in seinen Möglichkeiten: eine weitere Vergrößerung des Durchmessers des Antriebsrads vergrößerte deutlich die Gefahr beim Fahren auf dem Fahrrad. Der entstandene Widerspruch wurde mit der Veränderung der Transmission beseitigt, durch die Verwendung einer Kettenübertragung, durch die man eine hohe Geschwindigkeit nicht infolge des großen Raddurchmessers, sondern durch Erhöhung der Drehzahl erreichen konnte. Die Weiterentwicklung der Transmission eröffnete von neuem Raum für die Entwicklung der Arbeitsorgane: 1890 wurden Luftreifen eingeführt. Die dadurch verursachte Erhöhung der Geschwindigkeit bedingte erneut eine Veränderung der Transmission, es kam zur Einführung des Freilaufs. So wurde das moderne Fahrrad geschaffen.

Allein schon dieser kurze Abriss seiner Entwicklung lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

1. Die einzelnen Elemente einer Maschine, eines Mechanismus, eines Prozesses stehen immer in einer engen Wechselbeziehung.
2. Die Entwicklung erfolgt ungleichmäßig: die einen Elemente überholen in ihrer Entwicklung andere, zurückbleibende.
3. Die planmäßige Entwicklung eines Systems (einer Maschine, eines Mechanismus, eines Prozesses) erweist sich so lange als möglich, solange keine Widersprüche zwischen den vollkommeneren Elementen und den zurückbleibenden Teilen entstehen und sich verschärfen.
4. Dieser Widerspruch ist eine Bremse für die Entwicklung des ganzen Systems insgesamt. Die Beseitigung des entstandenen Widerspruchs ist gerade die Erfindung.
5. Eine grundlegende Veränderung eines Teils des Systems macht eine Reihe funktionell bedingter Veränderungen in seinen anderen Teilen notwendig.

Folglich enthält jede erfinderische Lösung eines neuen technischen Problems, unabhängig davon, zu welchem technischen Gebiet sie gehört, drei Hauptmomente:

1. Die Problemstellung und die Bestimmung des Widerspruchs, der die Lösung des Problems mit den üblichen, in der Technik bereits bekannten Wegen behindert.
2. Die Beseitigung der Ursache des Widerspruchs mit dem Ziel, einen neuen, höheren technischen Effekt zu erreichen.
3. Die Angleichung der anderen Elemente des weiterentwickelten Systems an das veränderte Element (das System erhält eine neue Gestalt, die ihrem neuen Wesen entspricht).

Dementsprechend beinhaltet der Prozess der Lösung eines neuen technischen Problems im Allgemeinen drei, in Ziel und Methode unterschiedliche Stadien, die wir kurz das **analytische**, **das operative** und **das synthetische** Stadium nennen.

Das analytische Stadium hat die Analyse der Entwicklung der betreffenden Maschine, des Mechanismus, des Prozesses (oder, in einem noch breiter gefassten Fall, eines technischen Gebiets) zum Ziel, um den in dieser Etappe vorhandenen grundlegenden Widerspruch herauszufinden und die direkte (physikalische, chemische) Ursache dieses Widerspruchs zu bestimmen. Das operative Stadium besteht in der systematischen und zielgerichteten Erforschung möglicher Verfahren zur Beseitigung der entdeckten Ursache des Widerspruchs. Das synthetische Stadium zielt auf die Einbringung der zusätzlichen Veränderungen, die sich aus dem gefundenen Verfahren für die Beseitigung des betreffenden technischen Widerspruchs ergeben, in die übrigen Elemente.

Die kreative Arbeit des Erfinders beginnt bereits in der ersten Etappe des analytischen Stadiums, bei der Auswahl des Problems. Ganz falsch ist die Meinung von S. L. Rubinstein, dass der Erfinder eine Tendenz entwickeln, danach Ausschau halten muss, was "man verändern, anders machen, verbessern kann". Verändern und verbessern kann man ohne Ausnahme alle technischen Geräte und Mittel - es gibt nichts, was nicht veränderbar wäre. Die Aufgabe des Erfinders besteht nicht in der mechanischen Auswahl eines Themas, das zufällig in sein Blickfeld geraten ist, sondern in der kreativen Erforschung der Entwicklungsdynamik eines bestimmten Systems und in dem Herausfinden des in dieser Etappe entscheidenden Problems, das die Gesamtentwicklung bremst.

Besonders typisch ist das für das sowjetische Erfinderwesen, das mit der Planwirtschaft zusammenhängt. Die moderne Produktion, insbesondere die eng spezialisierte Fertigung, besteht aus einer Reihe von nacheinander ablaufenden und miteinander verknüpften Prozessen. Die Gesamtkapazität eines Betriebs wird im Allgemeinen durch einen dieser Prozesse, das "schwächste Glied" in der gesamten Fertigung, begrenzt. Wenn sich die Erfinder ohne System mit allem befassen, was man "verändern, anders machen, verbessern kann", dann entsteht in einzelnen Produktionsabschnitten eine überflüssige Reserve an Fertigungskapazität, die aufgrund des "schwächsten Gliedes", das die Gesamtentwicklung bremst, ungenutzt bleibt.

Von großem Interesse sind die Erfahrungen der Erfinder und Rationalisatoren des Werks zur Herstellung von Stahlbehältern für Erdöl in Baku. Der Fertigungsprozess erfordert in diesem Werk die aufeinander abgestimmte Tätigkeit aller Bereiche. Am Anfang wurde hier die Rationalisierung der Fertigung von jedem Neuerer für seinen Fertigungsbereich vorgenommen. Trotz der großen Anzahl der eingeführten Neuerungen stieg jedoch die Gesamtkapazität des Betriebs praktisch nicht an. So nahmen zum Beispiel die Rationalisatoren der Schweißabteilung wesentliche Verbesserungen in der Konstruktion der automatischen Schweißmaschinen vor. Dadurch konnte der Schweißprozess beschleunigt werden. Wenn die Maschine lief, wurde pro Zeiteinheit eine große Menge Erzeugnisse gefertigt. Gleichzeitig stiegen jedoch die Stillstandszeiten der Maschine an, bedingt dadurch, dass die Kapazität des Bereitstellungsbezugs unverändert geblieben war. Daher wurde Anfang 1948 eine systematische Untersuchung des Betriebs durchgeführt, um die "schwachen Glieder" zu finden, die die Entwicklung der gesamten Fertigung aufhalten. Dadurch konnte man die dringendsten Probleme herausfinden und formulieren, auf deren planmäßige und folgerichtige Lösung dann die Anstrengungen des gesamten Kollektivs der Erfinder und Rationalisatoren ausgerichtet wurden. Im Ergebnis stieg die Arbeitsproduktivität im Betrieb von 1948 bis 1955 um das Achtfache.

Die zweite Etappe des analytischen Stadiums ist das Herausfinden des Hauptglieds des Problems. Bei der Lösung eines jeden konkreten technischen Problems muss aus

allen Kennwerten der Maschine, des Mechanismus, des Prozesses der Kennwert (das Glied) ausgewählt werden, dessen Veränderung für das Erreichen des verlangten technischen Effekts notwendig und ausreichend ist.

Als klassisches Beispiel für das richtige Herausfinden des Hauptglieds eines Problems kann die Arbeit des berühmten englischen Erfinders James Watt bei der Weiterentwicklung der Dampfmaschine dienen. Nachdem er sich die Aufgabe, eine derartige Maschine zu entwickeln, gestellt hatte, analysierte Watt eingehend alle Kennwerte der bis dahin existierenden Dampfmaschinen. Diese Maschinen hatten eine Reihe von wesentlichen Mängeln: sperriger und explosionsgefährdeter Kessel, enorme Wärmeverluste im Zylinder, mangelhafte Transmission. Watt wählte das Hauptglied des Problems, die Verringerung der Wärmeverluste im Zylinder und folglich die Erhöhung des Gesamtnutzungsgrades der Maschine, richtig aus. Die von Watt erreichte Verbesserung dieses Kennwerts ermöglichte die Entwicklung einer Dampfmaschine mit ausreichend hoher Leistung. Im Weiteren stellte sich Watt eine neue Aufgabe, aus der Dampfmaschine einen Universalmotor zu machen. Die Leistung der weiterentwickelten Dampfmaschine genügte vollkommen den praktischen Anforderungen. Und deshalb wurde jetzt zum Hauptglied die Weiterentwicklung der Transmission, die nur für die Übertragung der in der Praxis selten genutzten Hin- und Herbewegung geeignet war. Durch die Veränderung dieses Hauptglieds des Problems, durch die Entwicklung einer Transmission, die eine Drehbewegung übertragen kann, erreichte Watt die notwendige universelle Verwendbarkeit des Motors.

Die Auswahl des Problems und die Bestimmung seines Hauptgliedes bilden erst die erste Hälfte des analytischen Stadiums des Erfindungsprozesses. Bei dem Versuch, das Problem mit bereits bekannten technischen Mitteln zu lösen, entstehen Widersprüche, die das Erreichen des geforderten technischen Effekts verhindern. Das Auffinden des entscheidenden Widerspruchs ist die dritte Etappe des analytischen Stadiums.

So führt zum Beispiel der Versuch, den Wirkungsgrad einer Kesselanlage durch den Einbau zusätzlicher Schirme und Economizer zu erhöhen, zu einem höheren Gewicht des Aggregats und zu einem Anstieg des Stahlverbrauchs für den Bau. Wenn man mit den üblichen Herangehensweisen versucht, eine der Kennziffern zu verbessern, verschlechtert man gleichzeitig andere Kennziffern: "Das Streben nach einer Verringerung dieses Gewichts (Stahleinsparung) und das Streben nach einer Erhöhung des Wirkungsgrades (Brennstoffeinsparung) widersprechen einander in gewissem Maße. Die Auflösung dieses Widerspruchs ist einer der wichtigsten Faktoren bei der progressiven Entwicklung der Kesselbautechnik..." [4; 146].

Der aufgedeckte Widerspruch ist offenbar die Folge bestimmter Ursachen. Die Aufgabe der letzten, der vierten, Etappe des analytischen Stadiums des Erfindungsprozesses ist die Bestimmung der unmittelbaren (mechanischen, chemischen usw.) Ursache des Widerspruchs. Nehmen wir ein Beispiel. Das letzte Fertigungsstadium bei der Herstellung von Anzeigegeräten mit Zifferblatt ist die Überprüfung durch den Vergleich mit einem Eichmuster. Die Geräte werden nebeneinander gestellt und der Prüfer kontrolliert die Übereinstimmung der Anzeigen in mehreren Punkten der Skala. Es ist klar, dass man zur Verbesserung der Kontrollgenauigkeit eine möglichst große Anzahl von Kontrollpunkten nehmen muss, was jedoch zu einer Herabsetzung der Prüfgeschwindigkeit, zu einer Verringerung der Arbeitsproduktivität des Prüfers führt. In dem Wunsch, bei der Genauigkeit zu gewinnen, verlieren wir bei der Prüfgeschwindigkeit. Die direkte Ursache des Widerspruchs ist, dass es physisch unmöglich ist, die Skalen der beiden Geräte zusammenzubringen: der Prüfer muss seinen Blick

von dem einen Gerät auf das andere richten, nötig wäre jedoch, beide gleichzeitig zu sehen. In diesem Fall wird der Widerspruch durch die Einführung eines Binokularsystems, das optisch die Zifferblätter der Geräte übereinander legt und eine schnelle und präzise Überprüfung der Übereinstimmung der beiden Geräte über den gesamten Skalenbereich hinweg ermöglicht, beseitigt.

Das analytische Stadium ist der am meisten von Logik bestimmte Teil des Erfindungsprozesses. Bei einem erfahrenen Erfinder stellt es eine logische Abfolge von Urteilen dar, deren Ausgangspunkt historische, statistische, technische, wirtschaftliche und andere Fakten sind. Und nur in seltenen Fällen, wenn sich auf einer Etappe das Faktenmaterial als unzureichend erweist, kommt es zu wenigen und immer zielgerichteten Experimenten.

Insgesamt ist das analytische Stadium ein außerordentlich wichtiger Teil des Erfindungsprozesses. In vielen Fällen gestattet es eine richtig vorgenommene Analyse, die Ursache des technischen Widerspruchs sofort zu beseitigen oder das folgende, das operative Stadium des kreativen Prozesses extrem zu erleichtern.

Was bestimmt den Erfolg der kreativen Arbeit im analytischen Stadium? Die Kenntnis des untersuchten technischen Gebiets, das Verstehen seiner dialektischen Entwicklungsgesetze, das Vorhandensein aller für die Analyse erforderlichen Fakten und das Können, logisch zu analysieren. Folglich **braucht man für die Ausbildung von erfinderischen Befähigungen ein ständiges Training der analytischen Fertigkeiten**. Bevor ein Chirurg zu Operationen am lebenden Menschen übergeht, trainiert er lange Zeit im Anatomiesaal. Ganz genauso muss ein Erfinder die früher gemachten Erfindungen systematisch analysieren. Sehr wichtig ist auch die Kenntnis der Geschichte der Technik, die Kunst, sich jeden technischen Bereich in der Änderung und Entwicklung vorzustellen. Schließlich ist auch der Umfang der technischen Kenntnisse selbst, die Menge des vorhandenen Faktenmaterials wichtig.

Der zweite Teil des schöpferischen Prozesses, das operative Stadium, unterscheidet sich in vielem von dem ersten. In der Mehrheit der Fälle stellt das operative Stadium ein Konglomerat aus logischen und unlogischen Operationen dar. Hier muss der Erfinder suchen, probieren, oder, um einen alten und nicht ganz präzisen Terminus zu verwenden, ein **"gedankliches Experiment"** vornehmen, das, und das ist zu unterstreichen, nur in dem operativen Stadium des Erfindens überwiegt. Und, das ist die Hauptsache, es wird bei weitem nicht ohne System gemacht. Wenn ein "gedankliches Experiment" ein "Prozess ist, in dem dieser Punkt die verschiedensten Beobachtungen und alle möglichen Kenntnisse an sich zieht und sie aufsaugt" (S. L. Rubinstein) wäre, dann würde die erfinderische Lösung eines jeden technischen Problems viele Jahre erfordern. Jeder mehr oder weniger erfahrene Erfinder arbeitet in dem operativen Stadium des Erfindungsprozesses planmäßig. Bei den Erfindern entsteht im Ergebnis der langen Praxis allmählich ein eigenes, oft nicht völlig bewusstes, aber objektiv rationales Suchsystem. Das analytische Stadium des Erfindungsprozesses vereinfacht diese Suche in vielem: der Erfinder sucht keine abstrakte "Idee", sondern konkrete Verfahrensweisen zur Beseitigung eines konkreten technischen Widerspruchs.

Unserer Meinung nach ist das System am rationellsten, bei dem die Suche nach einem Verfahren zur Beseitigung der Ursache des technischen Widerspruchs in folgender Reihenfolge abläuft:

1. Untersuchung der typischen Lösungsmethoden (Vorbilder):
 - a. Verwendung von natürlichen Vorbildern,
 - b. Verwendung von Vorbildern aus anderen technischen Gebieten.
2. Suche nach neuen Lösungsmethoden durch Veränderungen:
 - a. in den Grenzen des Systems,
 - b. außerhalb,
 - c. in angrenzenden Systemen.

Bei dieser Suchreihenfolge geht man von dem Einfachen zum Komplizierten, wodurch man die richtigen Lösungen mit einem minimalen Aufwand an Kräften und Zeit erhält.

In vielen Fällen haben die technischen Widersprüche, mit denen man es im Prozess des Erfindens zu tun hat, direkte Analogien in der Natur und in der Technik. Deshalb ist es zweckmäßig, vor allem analoge Widersprüche und typische Verfahren für deren Beseitigung zu untersuchen. Das gestattet es häufig, natürliche oder technische Vorbilder für die Beseitigung der Ursache des betreffenden technischen Widerspruchs zu nutzen.

Nennen wir Beispiele. Während des ersten Weltkrieges begann man, auf den Schiffen Unterwasserschallempfänger, Geräte für das Abhören des Geräusches der Schiffs-schrauben von U-Booten, einzusetzen. Diese Unterwasserschallempfänger konnten nur benutzt werden, nachdem das Schiff angehalten oder seine Fahrt deutlich verlangsamt worden waren: die Geräusche, die durch das strömende Wasser an der Empfangsöffnung des Geräts entstanden, übertönten alles andere. Einer der Ingenieure, die an der Weiterentwicklung des Unterwasserschallempfängers arbeiteten, wusste, dass Robben sogar bei sehr schneller Fortbewegung unter Wasser hervorragend hören. Auf Vorschlag dieses Ingenieurs wurde ein Unterwasserschallempfänger mit einer Empfangsöffnung gebaut, deren Form analog der Form der Robbenohr-muschel war. Dadurch verbesserte sich die Hörbarkeit wesentlich und man konnte die Unterwasserschallempfänger auch während der Fahrt des Schiffes nutzen.

1933 wurde in der UdSSR eine Vorrichtung für das Abwerfen von Lasten aus Flugzeugen ohne Fallschirm erfunden (Urheberschein Nr. 41356). Bei der Lösung des Problems nutzte der Erfinder die bekannte Eigenschaft der Ahornsamen, die sich im Fallen ausrichten und langsam gleiten, wobei sie eine Drehbewegung ausführen. Die von ihm gebaute Vorrichtung, die die Form des Ahornsamens nachvollzog, senkte sich beim Abwerfen aus dem Flugzeug stetig nach unten und drehte sich dabei um ihren Schwerpunkt.

Ein typisches Beispiel für die Nutzung eines technischen Vorbilds ist die Arbeit des Konstrukteurs E. W. Kostytschenko (Maschinenbaubetrieb) bei der Lösung des Problems der Erhöhung der Verschleißfestigkeit der Ventile von Tiefpumpen. Die Tiefpumpen, mit denen Erdöl aus Bohrungen gewonnen wird, fallen sehr schnell aus, weil die Ventile von dem im Öl enthaltenen Sand verschlissen werden. Versuche, die Lebensdauer der Ventile durch die Verwendung von Hartmetalllegierungen zu erhöhen, schlugen fehl: die Verschleißfestigkeit der Ventile erhöhte sich, aber gleichzeitig stiegen die Schwierigkeiten bei der Bearbeitung und Herstellung dieser Ventile stark an und es stieg ihr Preis. Zur Beseitigung dieses Widerspruchs nutzte E. W. Kostyt-

schenko eine Methode, die in einem anderen Zweig des Maschinenbaus bekannt ist. Schon lange werden in der Metallbearbeitung selbstschärfende Meißel verwendet, bei denen die Außenschichten aus einem weichen Metall ausgeführt sind. Bei der Arbeit drehen sich diese Schichten gleichmäßig ab und die Form der Schneidkante insgesamt bleibt erhalten. Mit der Ausführung einiger Ventiltile aus Weichmetall erreichte der Erfinder, dass der Abrieb gleichmäßig erfolgt, wodurch die Ventilform sogar in den Fällen erhalten bleibt, wenn die Teile zu 9/10 aufgearbeitet sind. Gegenwärtig laufen in den Erdölbetrieben über 100 Tausend Pumpen mit den Ventilen von E. W. Kostytschenko.

Die Verwendung von natürlichen oder technischen Vorbildern darf sich natürlich nicht auf ein einfaches Kopieren beschränken. Die natürlichen und technischen Vorbilder stellen das Ergebnis einer langen und unaufhörlichen Entwicklung dar. Der Erfinder entlehnt aus der Natur und der Technik diese oder jene Lösung, entwickelt sie weiter und führt sie zu einem logischen Abschluss.

In den Fällen, in denen die Untersuchung der natürlichen und technischen Vorbilder kein positives Ergebnis erbringt, geht der Erfinder zu der nächsten Etappe des operativen Stadiums, der Suche nach neuen Lösungsmethoden, über. Dabei werden insbesondere mögliche Veränderungen in dem System selbst untersucht. Das ist eine normale Gruppe der einfachsten Veränderungen. In einer Reihe von Fällen genügt es, zur Beseitigung der Ursache des technischen Widerspruchs allein die Abmessungen, die Werkstoffe, die Reihenfolge der Verknüpfung der einzelnen Teile des Systems zu verändern. Ein typisches Beispiel ist die Entwicklung einer Schrämmaschine mit verlängertem Schrämmarm. Der Standardschrämmarm, mit dem eine Schrämmaschine das Kohleflöz abbaut, hat eine Länge von 2 m. Die Gewinnung der Kohle erfolgt hierbei mit Hilfe von Sprengstoff. Bei günstigen bergbaugeologischen Bedingungen kann es möglich sein, Schrämmaschinen mit einer Schrämmarmlänge von 3 - 5 m einzusetzen. Die Vergrößerung der Schrämtiefe führt dazu, dass die Kohle infolge der Bewegung der Schrämmaschine hereinbricht: beim Herabrutschen zerbricht die Kohle in große transportfähige Stücke. Eine quantitative Veränderung, die Vergrößerung der Schrämmarmlänge, ergibt auf diese Weise einen neuen qualitativen Effekt: die Notwendigkeit von Bohr- und Sprengarbeiten wird überflüssig.

Eine wesentliche Gruppe stellen Veränderungen in der äußeren Umgebung dar. Bei der Untersuchung der Zweckmäßigkeit derartiger Veränderungen muss der Erfinder die für dieses System äußere Umgebung mit ihrem Einfluss auf das System untersuchen. Insbesondere ist die Möglichkeit einer Veränderung der Parameter der Umgebung (zum Beispiel Druck, Temperatur, Fahrgeschwindigkeit) oder des Ersatzes der betreffenden Umgebung durch eine andere mit günstigeren Kennwerten zu prüfen. Nicht selten führt ein einfacher Wechsel von der einen Umgebung zu einer anderen oder die Einführung zusätzlicher Komponenten in die Umgebung zu einer erfolgreichen Lösung des Problems. Bei der Herstellung von Beton in den üblichen Betonmischern zum Beispiel bleibt in dem Betongemisch auch bei langem Mischen eine große Menge von kleinen Luftbläschen, die die Betonfestigkeit herabsetzen. In diesem Kontext wurde die Herstellung von so genanntem Vakuumbeton vorgeschlagen. In den Vakuumbetonmischern wird das Betongemisch in einer verdünnten Atmosphäre, die in der Mischtrommel erzeugt wird, gemischt. Die quantitative Veränderung eines der Parameter (des Drucks) der äußeren Umgebung ergibt einen neuen qualitativen Effekt: die Betonfestigkeit erhöht sich um das Zweifache.

Ein technischer Widerspruch kann auch durch die Vornahme von Veränderungen in den benachbarten Systemen, in gemeinsamen Teilen der Maschine, in anderen Sta-

dien des Prozesses beseitigt werden. Mitunter genügt die einfache Herstellung einer Wechselbeziehung zwischen früher eigenständigen Prozessen. Es ist zum Beispiel bekannt, dass für die Beleuchtung in den modernen Filmstudios im Wesentlichen Gleichstrom verwendet wird. Das hängt damit zusammen, dass die Aufnahmefrequenz (24 Bilder in 2 s) nicht mit der Frequenz des in der Industrie gebräuchlichen Wechselstroms (50 Perioden in 1 s) übereinstimmt. Bei der Einspeisung von Wechselstrom in die Lichtquellen kann das Öffnen des Objektverschlusses des Aufnahmeapparats mit dem Beleuchtungsminimum zusammenfallen, wodurch ein Teil der Aufnahmen zu dunkel gerät. Die Belichtungszeit bei der Aufnahme eines jeden Bildes beträgt normalerweise $1/1000$ s, deshalb werden nur 2,4% der in das Objektiv fallenden Lichtenergie nutzbringend ausgenutzt. Wenn man unverzögerte Leuchten mit Stromimpulsen versorgt, die synchron und phasengleich mit der Drehung der Lichtblende des Objektivs sind, dann wird das Licht nur in den Momenten eingeschaltet, wenn das Objektiv offen ist. Die Künstler sehen dann ein deutlich abgeschwächtes kontinuierliches Licht, da das menschliche Auge bereits bei 10 - 16 Impulsen pro Sekunde den Lichtstrahl ununterbrochen wahrnimmt. Die Einrichtung einer Wechselbeziehung zwischen der Funktion des Filmaufnahmegeräts und der Funktion des Beleuchtungssystems ergibt einen neuen technischen Effekt - der Verbrauch an Elektroenergie wird deutlich verringert und die Arbeit der Künstler wird erleichtert.

Das analytische Stadium eines Erfindungsprozesses erbringt fast immer eine eindeutige Antwort, das operative Stadium zeichnet sich nicht durch eine derartige Eindeutigkeit aus: der gleiche technische Widerspruch kann auf verschiedenen Wegen beseitigt werden. Deshalb spielt in dem operativen Stadium das Experiment nicht mehr eine zweitrangige, sondern die Hauptrolle und ist in vielen Fällen das Kriterium für die endgültige Auswahl dieses oder jenes Verfahrens, Schemas oder dieser oder jeder Methode.

Eine gute Kenntnis der Natur, Beobachtungsgabe, Wissen um die angrenzenden technischen Gebiete, Beherrschung der Experimentiertechnik - das sind die Eigenschaften, die für eine erfolgreiche Realisierung des operativen Stadiums des Erfindungsprozesses gebraucht werden.

Das letzte, das synthetische Stadium des Erfindungsprozesses umfasst vier Etappen: Einbringen der funktional bedingten Veränderungen in das System, Einbringen der funktional bedingten Veränderungen in die Anwendungsmethoden des Systems, Überprüfung der Anwendbarkeit des gewonnenen Prinzips auf die Lösung anderer technischer Probleme und Bewertung der Erfindung. Ähnlich wie das analytische Stadium stellt das synthetische Stadium vorzugsweise eine Kette logischer Urteile dar, die, falls notwendig, experimentell überprüft werden.

Das gefundene Verfahren für die Beseitigung des technischen Widerspruchs bedingt fast immer die Einbringung zusätzlicher Veränderungen in das System. Diese Veränderungen haben zum Ziel, dem System eine neue Gestalt zu geben, die dem neuen Inhalt entspricht. Psychologisch stellt der Übergang zu einer neuen Gestalt für den Erfinder eine bedeutende Schwierigkeit dar. Das ist dadurch bedingt, dass jedes System (jede Maschine, jeder Mechanismus, jeder Prozess) in der Vorstellung des Menschen mit bestimmten alten und gewohnten Formen verbunden ist. Deshalb behält ein Erfinder sogar nach der Veränderung des Wesens eines Systems häufig seine "traditionelle" Gestalt bei. So hat zum Beispiel einer der ersten Elektromotoren mit seiner Gestalt ganz genau eine Dampfmaschine kopiert: der Zylinder wurde durch die Elektromagnetspule und der Kolben durch den Metallstab, der beim Umschalten des Stroms die Hin- und Herbewegung ausführte, ersetzt. Mit Hilfe eines Pleuel-Mechanismus wurde dann, wie bei den Dampfmaschinen, diese Bewegung in

eine Drehbewegung umgewandelt. Erst später wurden Elektromotoren mit sich drehendem Läufer entwickelt, der eine Nachahmung des Kurbel-Pleuel-Mechanismus ausschloss.

Die folgende Etappe des synthetischen Stadiums ist das Einbringen der Veränderungen in die Anwendungsmethoden des Systems. Die Entwicklung eines jeden neuen Systems (oder die Veränderung eines alten Systems) bedingt zwingend die Suche neuer Methoden für seine praktische Anwendung. Nehmen wir ein klassisches Beispiel. Früher haben die Hauer in den Kohleschächten die Kohle von Hand mit der Haue gewonnen. Die Gewinnung wurde regelmäßig unterbrochen und der Abbauhohlraum ausgebaut. Zu Beginn der 30er Jahre tauchten in den Bergwerken die Druckluftabbauhämmer auf, ein leistungsfähiges Mittel für die Kohlegewinnung. Die Arbeitsmethoden blieben jedoch die alten: der Hauer legte genauso wie früher regelmäßig den Hammer zur Seite und erledigte den Ausbau. Im Ergebnis der unrationellen Arbeitsmethoden war der Gesamtzuwachs an Leistung gering. Dann wurde eine neue Methode der Arbeitsorganisation vorgeschlagen: eine Gruppe Hauer arbeitete ununterbrochen mit den Abbauhämmern, die zweite Gruppe befasste sich mit dem Ausbau. Die neue Methode ermöglichte es, die hohe Leistung der Abbauhämmer vollständig zu nutzen und die Kohleförderung um das Zifache zu erhöhen.

Trotz der offensichtlichen wichtigen Bedeutung dieser Etappe der schöpferischen Arbeit widmen die Erfinder ihr häufig nicht die nötige Aufmerksamkeit und überlassen es den Rationalisatoren, rein empirisch die effektivsten Methoden für die Nutzung der neuen Erfindung zu entwickeln. Wie auch bei der vorhergehenden Etappe des Erfindungsprozesses wird das durch die Einwirkung der alten, Tradition gewordenen Arbeitsmethoden auf die Psyche des Erfinders hervorgerufen.

Die dritte Etappe des synthetischen Stadiums des Erfindungsprozesses ist die Überprüfung der Anwendbarkeit des gefundenen Verfahrens für die Beseitigung des technischen Widerspruchs auf die Lösung anderer technischer Probleme. Manchmal stellt das gewonnene Prinzip einer Erfindung sogar einen größeren Wert als die konkrete Erfindung selbst dar und kann mit Erfolg für die Lösung anderer, wichtiger Probleme genutzt werden. In dieser Etappe hat der technische Gesichtskreis des Erfinders, seine Kenntnis von anderen technischen Gebieten, seine Kenntnis von den aktuellen Problemen der verschiedenen Produktionszweige besondere Bedeutung.

Wie bekannt, hatte der französische Maurer Monier 1867 das erste Patent auf Stahlbeton. Da er nicht über einen ausreichend großen technischen Weitblick verfügte, nahm Monier das Patent lediglich für die Herstellung von ... Blumenkübeln aus Stahlbeton.

Die letzte Etappe des Erfindens ist die Bewertung der gemachten Erfindung. Das Ziel dieser Etappe besteht darin, das Verhältnis zwischen dem von der Erfindung gelieferten positiven technischen Effekt und den für ihre Realisierung notwendigen Aufwendungen herauszufinden. Der Wert einer gemachten Erfindung steht in direkter Abhängigkeit von der Größe dieses Verhältnisses. Insbesondere bei mehreren Lösungsvarianten, die man im operativen Stadium erhalten hat, erfolgt die endgültige Auswahl der besten Variante in Verbindung mit der Bewertung der Erfindungen. In dieser Etappe analysieren die Erfinder normalerweise auch die geleistete Arbeit und sind bestrebt, begangene Fehler herauszufinden und neue kreative Methoden, die bei der Lösung des Problems verwendet wurden, zu durchdenken.

Der gesamte Ablauf eines Erfindungsprozesses wird mit dem folgenden Beispiel il-

lustriert. 1949 wurde von dem Ministerium für Kohleindustrie der UdSSR ein landesweiter Wettbewerb für die Entwicklung eines gekühlten Schutzanzugs für die Männer der Grubenrettung, die beim Löschen von Untertagebränden bei sehr hohen Temperaturen und in einer vergifteten Atmosphäre arbeiten, ausgeschrieben. In den technischen Bedingungen des Wettbewerbs wurde auch das Hauptglied des Problems genannt, die Notwendigkeit der Aufrechterhaltung einer langen Kühlwirkung bei einem geringen Gewicht des Anzugs (8 - 10 kg). Letzteres war dadurch bedingt, dass die Männer der Grubenrettung bei ihrer Arbeit ein Atemschutzgerät (12 - 14 kg) und Werkzeug tragen müssen und dass die Gesamtlast pro Person 28 - 29 kg nicht überschreiten darf.

Die Arbeit an der Entwicklung eines gekühlten Anzugs wurde von den Verfassern dieses Artikels mit der Herausarbeitung des technischen Hauptwiderspruchs aufgenommen. Er bestand in Folgendem. Um eine ausreichend lange Schutzwirkung des Anzugs sicherzustellen, musste die Erhöhung der Reserve an Kühlmittel (Eis, Trockeneis, Freon usw.) angestrebt und folglich das Gewicht des Anzugs erhöht werden. Das Streben nach einer Verringerung des Anzugsgewichts jedoch führt unausweichlich zu einer Verkürzung der Wirkungsdauer. Folglich bestand zwischen den beiden Hauptkennwerten (Gewicht und Wirkungsdauer) ein Widerspruch, der nicht mit den üblichen Konstruktionsverfahren zu beseitigen war. Die Analyse dieses Widerspruchs zeigte, dass seine Ursache die niedrige Gewichtsgrenze ist, die durch die Wettbewerbsbedingungen festgelegt war.

Bei der Untersuchung der Verfahren zur Beseitigung ähnlicher Widersprüche stellten wir fest, dass das in anderen Bereichen der Technik oft mit der so genannten "Methode der Zusammenführung von Funktionen" erreicht wird: auf das betreffende System werden zusätzlich die Funktionen eines anderen Systems übertragen, durch dessen Beseitigung die Möglichkeit auftaucht, das Gewicht des ersten Systems zu vergrößern. In dem vorliegenden Fall wurde die Lösung des Problems dadurch erreicht, dass dem gekühlten Anzug die Funktionen des Atemschutzgeräts übertragen wurden. Im Ergebnis dessen konnte das zulässige Gesamtgewicht dieses kombinierten Anzugs auf 20 - 22 kg erhöht werden. Diese Problemstellung bestimmte die Auswahl des Kühlmittels: das konnte nur Sauerstoff sein, der in verflüssigtem Zustand gehalten wurde. Die Kühlung des Raums unter dem Anzug wurde durch das Verdampfen des Sauerstoffs und seine Erwärmung erreicht, wonach der Sauerstoff zum Atmen benutzt wurde.

In dem synthetischen Stadium wurden in das System funktional bedingte Veränderungen eingebracht: aufgrund des großen Vorrats an Sauerstoff wurde anstelle des geschlossenen (regenerativen) Atemsystems das offene System (mit Austritt in die Atmosphäre) angewendet, wodurch die Konstruktion des Atemteils des Anzugs deutlich vereinfacht werden konnte. Es wurden auch Änderungen in die Methoden für die Nutzung des Anzugs eingeführt. Da das Gewicht des Anzugs während der Arbeit aufgrund der Verdampfung des Sauerstoffs schnell abnimmt, bestand die Möglichkeit, den Anzug anfangs mit einer zusätzlichen Menge Sauerstoff zu beladen und damit die Wirkungsdauer des Anzugs zu verlängern.

Die Projekte, die auf den gefundenen Prinzipien basierten, erhielten auf Beschluss der Wettbewerbsjury den ersten und den zweiten Preis [3].

Ausgehend von dem Dargelegten kann das Schema des Erfindungsprozesses in folgender Form dargestellt werden:

I. Analytisches Stadium

1. Auswahl des Problems.
2. Bestimmung des Hauptglieds des Problems.
3. Herausfinden des entscheidenden Widerspruchs.
4. Bestimmung der direkten Ursache des Widerspruchs.

II. Operatives Stadium

1. Untersuchung der typischen Lösungsmethoden (Vorbilder):
 - a. in der Natur,
 - b. in der Technik.
2. Suche nach neuen Lösungsmethoden durch Veränderungen:
 - a. in den Grenzen des Systems,
 - b. außerhalb,
 - c. in den benachbarten Systemen.

III. Synthetisches Stadium

1. Einführung der funktional bedingten Veränderungen in das System.
2. Einführung der funktional bedingten Veränderungen in die Nutzungsmethoden des Systems.
3. Überprüfung der Anwendbarkeit des Prinzips auf die Lösung anderer technischer Probleme.
4. Bewertung der gemachten Erfindung.

Es muss gesagt werden, dass das von uns entworfene Schema nur auf die kreative Arbeit eines erfahrenen und hoch qualifizierten Erfinders bezogen werden kann. Ein beginnender Erfinder hat in der Regel kein ausreichend logisches Urteilsvermögen, eine große Rolle spielen Zufälligkeiten, glückliche Einfälle usw. Und umgekehrt haben die großen Erfinder der Vergangenheit häufig ein hohes Niveau erfinderischer Meisterschaft erreicht.

Erfindungen können auch im Laufe von wissenschaftlichen Forschungsarbeiten gemacht werden. So haben zum Beispiel die Entdeckung der Röntgenstrahlen und die Feststellung ihrer Eigenschaften fast automatisch eine Reihe von technischen Erfindungen, die auf der Anwendung dieser Strahlen basierten, bedingt. In diesem Falle hatte der Erfinder zuerst das Mittel für die Beseitigung vieler technischer Widersprüche in den Händen, und das Problem stand andersherum: diese Widersprüche zu finden.

Das von uns aufgeführte Schema ist typisch, jedoch nicht allumfassend. Mehr noch, auch in den Grenzen seiner Anwendbarkeit hat es den Charakter einer Annäherung. Es bleibt noch vieles zu präzisieren, zu vertiefen und manches auch zu verändern in diesem Schema.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine weitere Untersuchung der Wechselbeziehung zwischen den objektiven Gesetzen des technischen Fortschritts und den psychischen Prozessen des technischen Erfindens notwendig. Ebenso notwendig ist eine systema-

tische Untersuchung der Erfahrungen der Rationalisatoren und Erfinder, das Auffinden und Verallgemeinern allgemeiner Methoden der erfinderischen Arbeit.

Die Entstehung der Psychologie des Erfindens als einer der Bereiche der psychologischen Wissenschaft ist ohne die breite Anwendung experimenteller Methoden unmöglich. Die gewonnenen Ergebnisse sind nicht nur anhand des Materials der alten Erfindungen, sondern auch experimentell zu überprüfen, denn das Endziel der Psychologie des Erfindens ist die Praxis: die erkannten Gesetzmäßigkeiten sind bei der Entwicklung einer **wissenschaftlichen Methodik für die Arbeit an Erfindungen** zu nutzen.

ZITIERTE LITERATUR

1. K. Marx, "Kapital", Bd. 1
2. K. G. Woblyj, "Arbeitsorganisation bei Wissenschaftlern", 1948.
3. "Grubenrettung in Bergwerken bei hohen Temperaturen", Ugletechisdat, 1951, S. 32.
4. "Allgemeine Wärmetechnik", unter der Redaktion von Karnezki, 1952.
5. T. Ribot, "Schöpferkraft der Phantasie", 1901.
6. S. L. Rubinstein, "Grundlagen der allgemeinen Psychologie", 1946.
7. P. M. Jakobson, "Der schöpferische Arbeitsprozess bei Erfindern", 1939.
8. J. Rossman, Psychology of the inventor, 1931.