

МЕЄРОВИЧ М. Й.

ШРАГІНА Л. І.

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ

Практичний посібник

2024

УДК 159.955-024.84:001.8

ББК 821.161.1.312.9

М 429

Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І.

М 429 Технологія формування системного мислення: практичний посібник. / Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І. — Одеса : Бондаренко М. О., 2024 р. — 320 с. : іл.

ISBN 978-617-8511-10-4

Загострення нагальної потреби членів сучасного суспільства в швидкому пошуку найбільш ефективних розв'язків проблем з урахуванням все збільшуваної кількості зв'язків, які їх створюють, та можливих наслідків ухвалених рішень привели до необхідності технологізувати й формувати процеси мислення як системні з метою усвідомленого вміння розглядати об'єкти та явища навколишнього світу як системи в їхньому взаємозв'язку й розвитку.

У практичному посібнику узагальнено понад тридцятилітній досвід авторів зі створення технології формування системного мислення в процесі навчальної діяльності за допомогою комплексів вправ, що їх виконують за спеціальними алгоритмами на основі розробленого авторами функційно-системного підходу й теорії розв'язування винахідницьких завдань (ТРВЗ).

Для широкого кола фахівців у виробництві, науці й освіті, які прагнуть підвищити свій інтелектуальний потенціал.

УДК 159.955-024.84:001.8

ББК 821.161.1.312.9

Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І.

Технологія формування системного мислення

Практичний посібник — 2024 р.

ISBN 978-617-8511-10-4

© Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І. 2024

***Можливість організації технічної творчості
дає надію на те, що так само можна організувати
творчість в інших видах людської діяльності,
що набагато привабливіше, аніж просто
можливість розв'язувати технічні завдання.
Людина зможе Добре Думати, якщо буде створено
Загальну Теорію Сильного Мислення.
Наше найвище завдання — перебудувати мислення.***

*Генріх Саулович Альтшуллер
(15.10.1926–24.09.1998)*

ПЕРЕДМОВА

Повномасштабний напад Росії на Україну 24 лютого 2022 року, поставивши світ на межу морального дефолту, оголив, серед інших проблем, нульову ефективність міжнародних організацій, створених для вбезпечення країн-членів із різними політичними системами: «Росія як постійний член Радбезу ООН завдала удару по самій основі статуту Організації — порушила національний суверенітет і територіальну цілісність, порушила права людини і розв'язала відкриту війну замість домовлятися про мир»¹.

«Європарламент висловив жаль з приводу неспроможності Ради ЄС досягти значного прогресу в боротьбі з відходом Угорщини від демократії і заявив, що подальше зволікання означатиме порушення принципу верховенства права самою Радою»².

Причиною такої «дороги до пекла» став благий намір країн-засновниць організацій ухвалювати рішення лише консенсусом, і в їхні статuti не були закладені пункти щодо дій у ситуаціях, коли консенсусу досягти не вдається. На сьогодні це призвело до прецеденту-нонсенсу: Російська Федерація, член Ради Безпеки ООН, функція якої — забезпечувати мир на планеті, майже сотнею країн

¹ Собенко Надія. США ініціюють реформу Радбезу ООН. *Суспільне. Новини*. 9 вересня 2022. URL: <https://suspilne.media/279868-ssa-iniciuut-reformu-radbezu-onn/>

² Європарламент: Угорщину більше не можна розглядати як демократію. *Європейська правда*. 15 вересня 2022. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2022/09/15/7146836/>

світу визнана агресором; Угорщина, член Європейського Союзу й НАТО, підтримує агресора, який розв'язав повномасштабну війну в Європі та погрожує ядерною зброєю, блокуючи всі рішення інших 26 країн засудити цей напад і надавати допомогу Україні. І ні розв'язати цей вузол, ні виключити ці країни за наявними статутами цих організацій неможливо: такі дії не забезпечені юридичними нормативами...

Ще більш трагікомічною виглядає ситуація з ордером на арешт Президента Російської Федерації Володимира Путіна, виданим 17 березня 2023 року Міжнародним кримінальним судом (МКС) у Гаазі³: рішення МКС ухвалює, але дійових механізмів його виконання не має. Не має навіть можливості (!) вплинути на держав-учасників, які, підписавши Римський статут, не виконують своїх зобов'язань!

Можна вважати, що під час створення аналогічних статутів далася взнаки відсутність багатоекранного мислення як здатності бачити всі елементи системи й прогнозувати шляхи та наслідки її розвитку. Це, зі свого боку, дає нам підстави вважати, що саме потреба в навчальних матеріалах, які забезпечують практичну можливість формувати системне мислення, зробила навчальний посібник «Системне мислення: формування і розвиток»⁴, який став основою цього практичного посібника, «Книжкою року-2020»⁵, а деякі істотні зауваження, зроблені колегами, зумовили потребу внести в його зміст корективи та доповнення.

³ Міжнародний кримінальний суд. *Посольство України в Королівстві Нідерланди*. 22 лютого 2024. URL: <https://netherlands.mfa.gov.ua/spivrobotnictvo/spivrobotnictvo-z-mizhnarodnimi-organizacijami/mizhnarodnij-kriminalnij-sud>

⁴ Максименко С. Д., Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І. Системне мислення: формування і розвиток : навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія». 2020. 251 с.

⁵ Книжка року-2020»: оголошено найкращі книги минулого року. *Вчасно*. 22 січня 2021. URL: <https://vchasnoua.com/news/knyzhka-roku-2020-oholosheno-naikrashchiknyhy-mynuloho-roku>

Однак підготовка другого видання, планованого ще на кінець 2023 року, наштовхнулася на Проєкт Закону України від 04.08.2022 № 7633 «Про внесення змін до деяких законів України щодо заборони використання джерел інформації держави-агресора або держави-окупанта в освітніх програмах, в науковій та науково-технічній діяльності»⁶, згідно з яким книжка втрачала можливість бути знову рекомендованою до друку будь-якою Вченою радою як навчальний посібник, оскільки серед першоджерел є покликання на російські видання, зокрема й на наші російськомовні публікації.

Як і багато наших колег-науковців, ми вважаємо, що ухвалення такого законодавчого рішення — не просто помилка, а шкідливий акт, який, серед іншого, відкриває для деяких науковців шлях до академічної недоброчесності й уже викликав необхідність ухвалення відповідного закону⁷, 06.06.2024 року прийнятого за основу. До речі, Проєкт Закону № 7633 із серпня 2022 року також «лежить» у Комітеті Верховної Ради України з питань освіти, науки та інновацій, і є надія, що він там і «помре», «недоношений» до другого читання...

Саме така надія дає нам підстави залишити покликання на деяких російських авторів, передусім на нашого Вчителя Генріха Сауловича Альтшуллера, які зробили свого часу хто великий, а хто більш скромний, але **справжній** унесок у розвиток різноманітних сфер науки, й тим самим дали нам можливості для вияву власної творчості.

Можливість появи цього видання не була б реалізована без безцінної допомоги наших друзів — великого знавця мистецтва

⁶ Проєкт Закону України від 04.08.2022 № 7633 «Про внесення змін до деяких законів України щодо заборони використання джерел інформації держави-агресора або держави-окупанта в освітніх програмах, в науковій та науково-технічній діяльності». *LIGA 360*. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JI07855A?an=2>

⁷ Проєкт Закону [№ 10392 від 08.01.2024] про академічну доброчесність. *Верховна Рада України* : законопроекти. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/43481>

й історії Бориса Андрійовича Бартенева, який також підготував до друку усі схеми й малюнки, та чарівної «Юної Леді», яка прискіпливо відредагувала весь текст, побажавши залишитись інкогніто! Велика дяка вам, друзі!

Ми сподіваємося також, що вміння творити слугуватиме процесу гуманізації людської спільноти й демократизації взаємовідносин між усіма народами світу.

З надією хоч трішки прискорити цей процес

Марк Меєрович,

системний аналітик, бізнес-консультант,

«Майстер ТРВЗ» (Диплом Г. С. Альтшуллера № 33),

Лариса Шрагіна,

доктор психологічних наук,

«Майстер ТРВЗ» (Диплом Г. С. Альтшуллера № 65)

ВІД АВТОРІВ

СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ: ПОТРЕБИ Й ПРОБЛЕМИ

Вимоги сучасної економіки до системи освіти виходять за межі традиційних методів навчання, що передбачають передачу певного обсягу знань і, у найкращому разі, розвиток логічного мислення. Сучасний випускник навчального закладу, зокрема професійного, мусить системно мислити, усвідомлювати стратегію своєї мислєдіяльності й уміти знаходити розв'язки проблемних ситуацій, в основі яких — діалектична суперечність. Виконання за спеціально розробленими алгоритмами запропонованих комплексів вправ формує навички системного мислення, що його психологи розглядають як творчий стиль особистості.

У психологічних теоріях, що розробляють проблему мислення, останнє розглядається як система інтелектуальних операцій, генетично пов'язаних із практичними діями та візуальними образами. Панівне значення в процесі мислення має суб'єктивний чинник: оскільки мислить реальна людина, її діяльності притаманна єдність мотиваційно-вольового та

емоційно-інтелектуального компонентів. Для особистості, що думає, мислення є інструментом пізнання.

Усвідомлюючи всю різноманітність питань, пов'язаних із мисленням, ми обмежуємо їхнє коло тими, що стосуються тільки практичних методів формування системного мислення.

Системний підхід пропонує розглядати світ як комплекс взаємопов'язаних компонентів, формуючи в такий спосіб системний світогляд. Це означає, що в разі усвідомлення будь-якого певною мірою складного об'єкта останній буде сприйнятий як система, що взаємопов'язана з іншими природними та штучними системами навколишнього світу зі своїми особливостями функціонування й розвитку. Застосування системного підходу в будь-якому виді діяльності істотно підвищує її керованість і, отже, ефективність шляху до досягнення поставленої мети.

Системним мисленням будемо уважати таке, рівень розвитку якого дає змогу людині виконувати необхідні дії як основні функції найбільш ефективно. Воно передбачає такі вміння:

- розглядати об'єкти та явища навколишнього світу як системи в їхньому розвитку й взаємозв'язку;
- аналізувати ситуації, явища й процеси, що відбуваються в природі та суспільстві, уміти встановлювати їхні закономірності, виявляти суперечності, що їх спричиняють, а також причиново-наслідкові зв'язки між окремими елементами;
- виявляти приховані зв'язки й залежності;
- продукувати нові ідеї в проблемних ситуаціях, коли невідомі готові способи дії;
- інтегрувати інформацію, робити висновки, що дозволяють передбачити наслідки (Шрагіна, 2012).

Системне мислення може бути сформоване спеціально організованою навчально-професійною діяльністю як резуль-

тат цілеспрямованого впливу на процес виконання суб'єктом мисленнєвих операцій із метою отримання найефективніших рішень у проблемних ситуаціях. Для цього навчальний матеріал варто вводити не як описовий, а як такий, що містить реальну проблему, для пошуку розв'язання якої учень мусить володіти відповідною методологією. Вкрай важливим результатом такого навчального процесу стане перехід від переважно нерефлексивного до усвідомленого засвоєння та опанування мисленнєвих прийомів та операцій. Аналогічні теоретичні аспекти були закладені в основу проблемного навчання, запропонованого ще наприкінці 1960-х — на початку 1970-х років. Однак практичне втілення проблемного навчання в освітній процес завмерло, на думку деяких фахівців, через дві основні причини: відсутність «банку» проблемних ситуацій і невідповідність педагогів до переконструювання навчального матеріалу. Основною психологічною причиною затримки навчання системного мислення можна вважати замалу увагу до того, як саме рефлексуються ситуації організованого й організуючого мислення (Анисимов, 1990).

Ми, проте, вважаємо, що запровадження методів формування системного мислення було стримане не так через відсутність «банку» проблемних ситуацій, як через відсутність технології, що уможливила б реалізацію вищевикладених цілей навіть у разі наявності зазначеного «банку». Без такої технології всі пропозиції зводяться до загальних рекомендацій на зразок «для ефективного розв'язання проблеми її слід глибоко й усебічно проаналізувати». До того ж ні методів аналізу проблеми, ні критеріїв для оцінок не запропоновано.

Практичну методологію формування системного мислення на основі теорії розв'язування винахідницьких завдань (ТРВЗ), розроблену Г. С. Альтшуллером (Альтшуллер, 1979), і запропоновано в цьому практичному посібнику.

ТРВЗ була створена для того, щоб замінити інтуїтивні «осяяння», які спонукають талановитих інженерів і вчених до видатних винаходів і відкриттів, на таку стратегію мислення, що дозволяла б кожному добре підготовленому спеціалістові отримувати такі самі результати. Уже з самого формулювання завдання видно, що ТРВЗ може бути використана з метою формування системного мислення як усвідомленого, цілеспрямованого й керованого процесу мислєдіяльності. Так виникла ідея зворотного, педагогічного, завдання: методами ТРВЗ формувати якості творчого мислення спочатку під час спеціальних занять, а пізніше — безпосередньо в навчальному процесі. Таку можливість підтверджено результатами досліджень, проведених американськими психологами ще 1959 року: креативність (здатність до творчості) має загальну основу незалежно від сфери діяльності і, напрацьована на одному матеріалі, може бути перенесена на інший.

Пропонована методологія на основі ТРВЗ є комплексом із двох систем вправ: а) для розвитку системного мислення; б) для розвитку уяви. Визначальними рисами комплексу є:

1. Наявність системи проблемних ситуацій для виявлення суперечностей як одного з основних чинників творчого інтелекту. Усунення цих проблем здійснюють за алгоритмом розв'язування проблемних ситуацій (АРПС).
2. Спрямованість на розвиток уяви як головного компонента творчого мислення.
3. Вправи з розвитку уяви виконуються за спеціально розробленими алгоритмами відповідно до вимог функційно-системного підходу, що створює, крім розвивального, ще й навчальний ефект (Меєрович, Шрагіна, 1997).

У цій технології ми розглядаємо мислення як керований процес із виконання певних психічних операцій, необхідних для пошуку розв'язку складної проблеми.

Структурно видання поділене на три частини. У першій частині практичного посібника «Функційно-системний підхід і його інструменти» викладено матеріал, що є основою пропонованої методики й може бути використаний широким колом викладачів-предметників і фахівців зі спеціальних дисциплін. Попри те, що об'єктом аналізу стали реальні винахідницькі завдання з найрізноманітніших технічних галузей, для пошуку їх розв'язку потрібні не спеціальні знання, а тільки вміння (й бажання!) виявляти причиново-наслідкові зв'язки й суперечності та робити висновки. До першої частини входять також комплекси вправ із розвитку творчої уяви.

Друга частина практичного посібника «Системний підхід у технічних системах» теж не потребує спеціальних знань, вищих від програми середньої школи. У ній поглиблено основні твердження теорії розв'язування винахідницьких завдань (ТРВЗ), до того ж основний акцент зроблено на можливостях ТРВЗ як методології формування системного мислення для розв'язку різноманітних технічних проблем, водночас розмежовано специфічний і неспецифічний аспекти проблеми.

У третій частині практичного посібника «Від ТРВЗ — до ТРШС» здійснено аналіз і пошук розв'язку різноманітних за змістом нетехнічних проблем. Запропоновані приклади демонструють можливості розробленої теорії розвитку штучних систем (ТРШС).

Вступ

**ВИПЕРЕДЖУВАЛЬНА ПЕДАГОГІКА:
ЗАВДАННЯ Й МОЖЛИВОСТІ**

Темп науково-технічного прогресу вимагає від виконавця,
що обслуговує технологію,
високої інтелектуальної реакції й постійної потреби перенавчання.
Сучасна ж система освіти орієнтована здебільшого
на навчання виконавців,
у яких готовність до творчої діяльності не сформована.
Виявлені психологами якості творчої особистості,
що відповідають вимогам сучасної економіки,
визначають завдання системи освіти,
але не передбачають методів реалізації цих завдань.
Для вироблення навичок системного мислення
запропоновано напрацьовані в технічній творчості
у формі гнучких алгоритмів
інструменти теорії розв'язування винахідницьких завдань (ТРВЗ),
де сконцентровано творчі стратегії мислення.
Адаптація цих інструментів до системи освіти
і є змістом цього практичного посібника.
Опрацьовуючи ТРВЗ,
автори розробили основи теорії розвитку штучних систем (ТРШС)
і показали, що розвиток нетехнічних систем
також відбувається за об'єктивними законами.

— Які повільні у вас краї! — здивувалася Королева.
— Що ж, тут, як бачиш, тобі доводиться
бігти з усієї сили, щоб тільки залишитися на місці.
Якщо ж ти хочеш потрапити деінде,
то треба бігти вдвічі швидше.
Льюїс Керролл «Аліса в Задзеркаллі»
(переклад В. Наріжної)

В умовах сучасного постіндустріального, інформаційного, суспільства невідкладною є потреба в перепідготовці персоналу з метою набуття нових знань і навичок, що спричиняє низку суперечностей:

1. З одного боку, поява нових наук розширює діапазон спеціальностей, створюючи нові системні й міждисциплінарні зв'язки, ознайомлення з якими потребує значних витрат часу. З іншого боку, потреба досконалого вивчення проблеми обмежує поле, вимагаючи зосередження зусиль на вузькій ділянці.
2. Спеціалізація спрямування розробок зазвичай звужує поле застосовуваних методик, призводячи до професійного консерватизму. До того ж утрачається здатність сприймати щось принципово нове, незвичайне для добре знайомої галузі. Обсяг знань, зі свого боку, не завжди створює можливість зупинитися на оптимальній методиці.
3. Суспільство зацікавлене у вузьких спеціалістах, що забезпечили б високу продуктивність праці, зокрема інтелектуальної. Знання швидко задовнюються — підготовка ж нових спеціалістів потребує великих витрат.
4. Спрацьовує тут і психологічний чинник: особистість почуває себе комфортно в знайомій галузі й, звичайно, опирається пе-

реходу в нове, незнайоме середовище. А розвиток економіки потребує щораз нових спеціалістів для нових напрямів.

З цих суперечностей випливає: тенденція збільшення витрат на підготовку та перепідготовку кадрів неминуча.

Для розв'язання суперечностей, що виникають, необхідно визначити умови, за яких виконавець опановуватиме кожену нову технологію з мінімальними фінансовими й психологічними витратами. Можна сформулювати й ідеальний варіант: виконавець сам прагнуче опановування кожної нової технології саме так, щоб це приносило йому фінансовий прибуток і психологічне задоволення.

Аналіз конфлікту показує, що в основі суперечностей лежить відсутність потреби в інтелектуальній активності. Наприклад, Г. Форд ще на початку 1920-х років зауважував, що існують люди, для яких «необхідність мислити є карою. Ідеальною їм видається робота, яка не ставить жодних вимог до творчого інстинкту. <...> Для більшості людей установлення визначеного кола занять та одноманітна організація більшої частини роботи є навіть життєвою потребою, тому що інакше вони не могли б заробити досить (*коштів*. — Авт.) на своє існування»⁸. Промисловець був змушений визнати, що доводилося постійно шукати людей, які любили би справу саме завдяки її труднощам.

До сьогодні педагогіка йшла за потребами суспільства, задовольняючи їх інколи зі значним запізненням. І кожна нова потреба була для суспільства найчастіше несподіванкою: хто може сказати, які спеціалісти будуть потрібні завтра? Хіба що наукова фантастика... Перед системою освіти постало принципово нове завдання: сформувати особистість працівника, що ефективно реагує на постійні зміни технології як на своєму робочому місці, так і в усьому технологічному ланцюжку. Для підготовки гнучкого

⁸ Форд Г. Моя жизнь, мои достижения / пер. с англ. под ред. В. А. Зоргенфрея ; предисл. Н. С. Лаврова. Киев : Грайлык, 1993. С. 93. (В библиотеку предпринимателя).

спеціаліста «завтрашнього дня» необхідна **випереджувальна педагогіка** — система інтелектуального й психологічного розвитку, яка формує в соціалізованій особистості стійкі компоненти творчого стилю мислення.

Так було визначене завдання: тренувати усвідомлені елементи процесу мислення (частини операцій ми поки не вивчили, тому розглядаємо їх як «неусвідомлені процеси») так само, як тренують навички читання, письма, катання на велосипеді тощо. До таких навичок, на думку Е. П. Торренса, належать чутливість до суперечностей, до дефіциту або прогалин у знаннях, до дисгармонії між елементами навколишнього середовища, здатність до змішування різнопланової інформації та інші (Torrance, 1988).

Чи досягне це? І якщо так, то які саме навички і якими методами можна сформувати?

Орієнтація педагогіки на формування в учнів якостей творчої особистості змінює форми й принципи педагогічної діяльності. Ключовою фігурою навчального процесу стає вчитель, завдання якого не передавати знання, а допомагати вчитися й розвиватися, бути не джерелом інформації, а організатором мислєдїяльності. Водночас вирішальним чинником перебудови навчального процесу є здатність самого педагога мислити творчо.

Підготувати творчого вчителя й уже з його допомогою підвищувати продуктивність навчального процесу — відсоток «випуску» обдарованих дітей — покликана інноваційна технологія «Випереджувальна педагогіка», яку з кінця 1980-х років розробляє й упроваджує в навчальний процес Лабораторія «ТРВЗ-педагогіка України». Технологія розрахована на працівників системи освіти, що прагнуть підвищити ефективність своєї професійної діяльності, школярів і студентів (Меєрович, Шрагина, 1997). Основна мета технології — забезпечити інтелектуальний розвиток учнів за допомогою формування системного мислення безпосередньо в навчальному процесі.

Виникає очевидне питання про інструментарій такої педагогіки.

Опанування будь-якої спеціальності відбувається внаслідок тривалого відпрацювання комплексу вправ, що дають змогу з часом автоматизувати необхідні операції. Очевидно, що вправи для вироблення навичок системного мислення мають бути проблемними ситуаціями, розв'язання яких відбувається за алгоритмом, тобто з дотриманням певної послідовності виконання мисленнєвих операцій. Ми розробили методологію, в основі якої — застосовувані інженерами для розв'язання технічних завдань і проблем алгоритмічні методи генерування ідей, іншими словами, методи суто практичні саме в тій галузі виробництва, що найбільш вимоглива до дотримання технології.

Сформулюємо вимоги до такого алгоритму:

- усвідомленість мисленнєвих операцій і керованість ними;
- отримання результату на рівні ідеального (для певної проблемної ситуації);
- лаконічність: чіткість та економічність структури алгоритму;
- повторюваність результату за умови дотримання алгоритму;
- універсальність (придатність для аналізу будь-яких проблем).

Цим вимогам відповідає створений нами алгоритм розв'язування проблемних ситуацій — АРПС.

Випрацювана методологія охоплює дві цілісні системи вправ для тренування навичок, що виявляються в особливостях мислення творчої особистості:

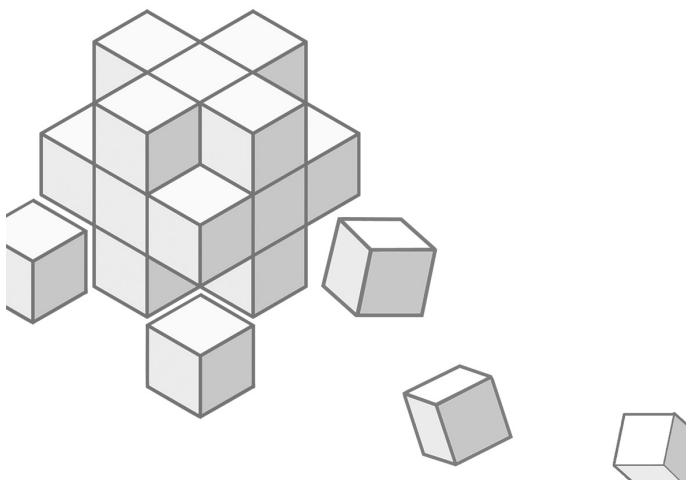
1. Для розвитку системного мислення. Основну частину вправ виконують як розв'язання проблеми за чіткою програмою (алгоритмом) на всіх етапах.
2. Для розвитку творчої уяви. Більшість цих вправ також виконують за спеціальним алгоритмом, розробленим відповідно до вимог системного підходу.

Більш ніж тридцятилітня практика з навчання працівників системи освіти різних рівнів, студентів і школярів показала високу ефективність пропонованої методології. Результати навчання виявляються в опануванні принципів системного мислення як усвідомленні й керуванні власною стратегією мисленнєвої діяльності.

Майбутнє будь-якої держави починається з її системи освіти, з формування морального й інтелектуального потенціалу суспільства. Що швидше в цю систему будуть упроваджені методи, аналогічні до випереджувальної педагогіки, то сильнішою й багатшою буде така держава.

Частина I

ФУНКЦІЙНО-
СИСТЕМНИЙ
ПІДХІД
І ЙОГО
ІНСТРУМЕНТИ



Розділ 1

СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ Й МЕТОДИ ЙОГО ФОРМУВАННЯ

Ускладнення виробничих процесів у всіх сферах діяльності людства на індустріальному й, особливо, постіндустріальному етапах розвитку економіки вимагали вміння оцінювати як сам процес, так і його результат, і передбачати наслідки.

Таке вміння аналізувати ситуації, виявляючи приховані залежності, встановлювати причиново-наслідкові зв'язки й виявляти суперечності, що створюють проблеми, визначають як «системне мислення».

Воно може бути сформоване в навчальному процесі під час спеціально організованої інтелектуальної діяльності.

Відповідаючи на потребу в підготовці кадрів, що володіють системним мисленням, у педагогіці останніх років почали активно розробляти технології, спрямовані на його формування. А оскільки педагогіка визначає, будує та забезпечує методично й організаційно середовище, де формуються й розвиваються за перевагою ті чи ті форми мислення, то для розвитку мислення школярів важливо те, на яку логічну систему орієнтована педагогічна теорія й практика. Унаслідок цього кожна людина в процесі виховання й навчання привласнює та перетворює на форми особистої діяльності ті засоби й способи мислення, що створені суспільством у відповідну історичну епоху. Що повніше й глибше

вона привласнила загальні категорії мислення, то продуктивніша й логічніша її мисленнєва діяльність (Давыдов, Зинченко, 1998).

Поняття «системне мислення» набуває значного поширення в практичній діяльності людини наприкінці ХХ століття. Накопичення під час розвитку людської цивілізації великого обсягу знань і виникла потреба в їх спеціалізації призвели до створення фрагментарної картини світу, що, зрештою, почало стримувати темп інноваційних процесів і, як наслідок, — розвиток сучасної економіки. Крім того, протягом останнього століття людство впритул зіткнулося з викликами планетарного масштабу, зумовленими виявленням системних зв'язків між біосферою та діями соціуму. З'явилася потреба у створенні практичного інструменту, що підвищував би ефективність керування складними технічними, організаційними, природними, соціальними та іншими системами.

Одним із таких інструментів став системний підхід, а здатність реального застосування системного підходу в різних галузях практичної діяльності відобразилася в понятті «системне мислення». Цікаво, що в словниках психологічних термінів цього поняття не розглядають, оскільки виникло воно не в когнітивній психології, а в практичній діяльності, пов'язаній із керуванням складними системами. «Системне мислення, на відміну від лінійного, орієнтоване на бачення цілого замість набору розрізнених частин. Системне мислення орієнтоване на виявлення не речей, а зв'язків між ними, не миттєвих станів, а закономірностей змін. Системне мислення потрібне, щоб розрізняти структури, які утворюють основу складних ситуацій» (Перцовский, 2018).

У популярній психології системне мислення визначають як спосіб мислення, коли в центрі уваги — відношення між частинами, взаємодія яких формує цілеспрямоване ціле (О'Коннор, Макдермотт, 2018).

Для розуміння системного мислення як психологічного феномена в межах цього посібника зупинимося тільки на основних функціях мислення як психічного процесу.

У чому полягає феномен мислення? Його специфіку з погляду психіки В. Джеймс визначає так: «Домовимося вважати характеристичною особливістю мислення здатність **орієнтуватися в нових для нас даних досвіду**. Мислення охоплює аналіз — воно заміняє ціле його частинами й пов'язаними з ним властивостями та наслідками. Мисленню властива проникливість — уміння виокремлювати істотний атрибут предмета — і запас знань, що вможливають розгляд предмета з різних поглядів. <...> Справедливо стверджують, що пізнати вичерпно якусь одну річ означало б пізнати весь Усесвіт» (Джеймс, 1981, с. 13–14).

Визнане класичним тлумачення мислення запропонував ще 1946 року С. Л. Рубінштейн: «Усяке мислення здійснюється в узагальненнях. Воно завжди відбувається від одиничного до загального й від загального до одиничного. **Мислення — це рух думки**, що розкриває зв'язок, проведений від окремого до загального й від загального до окремого. Мислення — це опосередковане, засноване на розкритті зв'язків, відношень, опосередкувань, й узагальнене пізнання об'єктивної реальності» (Рубінштейн, 2000).

Зазначимо, що мислення як особлива теоретична форма внутрішньої діяльності людини для розв'язання проблем є системним по своїй суті. Інформація про певні елементи відображуваної дійсності, що надходить у мозок і виражена в поняттях, у єдності створює уявну конструкцію (систему) — образ, що, залежно від повноти такої інформації, максимально відповідає повній картині цієї реальності (Аверьянов, 1985).

Аналіз функцій мислення як психічного процесу дозволяє підсумувати, що його основні функції в практичній діяльності виявляються як уміння:

- розглядати об'єкти та явища навколишнього світу в їхньому розвитку й взаємозв'язку;
- аналізувати ситуації, тобто вміти встановлювати причиново-наслідкові зв'язки;
- знаходити приховані залежності й зв'язки;
- виявляти суперечності, що спричиняють проблеми, й знаходити найефективніші шляхи їх розв'язку;
- інтегрувати інформацію й робити висновки, що вможливорює прогнозування наслідків.

Усі ці вміння є результатом здатності мислення встановлювати взаємозв'язки між елементами, що створюють систему, а також взаємозв'язки системи із зовнішнім світом.

Беручи до уваги, що такі вміння, надто в комплексі, не природні, а мають «культурне походження» й формуються тільки в результаті спеціального навчання, визначимо системне мислення як мислення, рівень розвитку якого в процесі пізнання людиною світу дає змогу:

- установлювати зв'язки між предметами та явищами об'єктивної дійсності;
- виявляючи суперечності, ефективно розв'язувати проблеми;
- виявляти закономірності явищ і процесів та прогнозувати їхній розвиток.

У пропонованому нами визначенні «системне мислення» визначальним параметром є «рівень» його розвитку: саме рівень розвитку мислення, з огляду на можливість ефективно використовувати вищезазначені інтелектуальні вміння, дає підставу визначити його як системне (Шрагіна, 2010).

На основі системного підходу й теорії розв'язування винахідницьких завдань (ТРВЗ) ми розробили комплекс методів для формування системного мислення (таблиця 1.1. стор. 24).

Таблиця 1.1

СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ ТА МЕТОДИ ЙОГО ФОРМУВАННЯ

Показники виявлення системного мислення	Методи формування системного мислення
Системна організація й подання інформації Уміння обґрунтовувати й міркувати Використання альтернативних шляхів пошуку інформації Системний аналіз: — розглядати об'єкти та явища навколишнього світу в їхньому розвитку й взаємозв'язку — аналізувати ситуації, тобто вміти встановлювати причиново-наслідкові зв'язки — знаходити приховані зв'язки й залежності — виявляти суперечності, що спричиняють проблеми, й знаходити їх найефективніший розв'язок — інтегрувати інформацію й робити висновки, що дають змогу прогнозувати наслідки Здатність до перегруповання ідей та зв'язків Уміння оцінювати як сам процес, так і результат Відчуття краси процесу й результату	Системний підхід Генетичний аналіз Візуальна схема поняття «система» Алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС) Система логічних вправ на основі системного підходу Конструювання оксиморона й метафори Морфологічний аналіз систем Розв'язування винахідницьких завдань із використанням алгоритму розв'язування проблемних ситуацій (АРПС) Створення образів ідеальних систем на основі поняття «ідеальний кінцевий результат (ІКР)» Створення образів на основі системного підходу

Розділ 2

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЯК МЕТОДОЛОГІЯ

Для застосування системного підходу
як наукової методології розроблено
класифікацію систем на основі ознаки «походження».

У визначенні поняття «штучна система»
як істотна ознака використана «функція»,
що вможливило однозначне визначення всіх похідних понять,
які характеризують систему.

Показано, що виявлені Г. С. Альтшуллером
закони розвитку технічних систем (ЗРТС)
відповідають основним законам діалектики Г. Гегеля
й тому можуть бути використані

як універсальний методологічний інструмент.

Також показано, що дія ЗРТС поширюється
на всі штучні системи, що дало змогу авторам цього посібника
розробити основи теорії розвитку штучних систем (ТРШС).

Останнім часом не залишилося практично жодного науко-
вого напрямку, зокрема гуманітарного, що не застосовував би
системного підходу у формулюванні нових завдань дослідження
й розуміння вже накопичених матеріалів.

У науці системний підхід розуміють як методологічний
напрямок, одне з основних завдань якого полягає в розробці
й застосуванні методів дослідження складноорганізованих

об'єктів-систем, що розвиваються (Альтшуллер, Шапиро, 1956; Альтшуллер, 1969, 1979; Богданов, 1989).

Головна проблема системного аналізу випливає з висловлення Л. фон Берталанфі «Системи всюди!» (Берталанфі, 1969). Ця проблема пов'язана з визначенням самого поняття «система», виокремлення системи з навколишнього середовища для використання як методологічного інструмента, й похідними від цього поняття — системоутворювальний чинник, системоутворювальна функція, системна властивість, системний ефект і багато інших, використовуваних без визначення. Зрештою, єдине класичне уявлення про систему, яке одностайно визнають усі дослідники, — це її системна властивість, емерджентність: вона завжди більше, ніж проста сума властивостей структурних компонентів, об'єднаних у систему.

Класифікацію об'єктів та явищ можна проводити за різними ознаками. Здійснення класифікації систем на основі «походження» дає нам можливість виокремити системи *природні*, що виникли в процесі еволюції природи без участі людини, та *штучні* — створені внаслідок діяльності людини для задоволення її потреб шляхом виконання основної функції. Проміжну групу утворюють *природно-штучні* об'єкти, що з'явилися як природні, але окремі властивості яких удосконалені цілеспрямованою діяльністю людини (культурні рослини, домашні тварини й птахи тощо).

Наявність зв'язків як між елементами об'єктів, так і між самими об'єктами та зовнішнім середовищем дозволяє розглядати їх як системи. Визначимо ці поняття:

Природна система — комплекс взаємодійних природних елементів, який забезпечує його найефективніше функціонування в навколишньому середовищі з мінімальними витратами енергії.

Штучна система — об'єднання елементів, що призначене для виконання основної функції та створює своїм об'єднанням нову системну властивість.

Повернімося до погляду Л. фон Берталанфі, якого дотримується багато вчених. «Будь-який об'єкт під час розв'язання певних завдань і за допомогою певних пізнавальних засобів може бути представлений як системний», — уважає І. С. Алексєєв (Алексєєв, 2007). А. І. Уйомов розглядає систему як комплекс «річ — властивості — відношення»: «Будь-який об'єкт є системою за визначенням, якщо в цьому об'єкті реалізують якесь відношення, що має певну властивість», проте водночас стверджує, що «поняття системи відносно: річ, що є системою за одним концептом, може не виявитися такою за іншим» (Уйомов, Сараєва, Цофнас, 2001, с. 38). Звідси очевидно, що запропонована концепція не вказує на ту особливу ознаку, що відрізняє систему від не-системи.

Проте така ознака існує. Ще О. О. Богданов писав: «Перші спроби визначити, що таке Організація, приводять до ідеї *доцільності*» (Богданов, 1989, с. 112). «Основним критерієм для такого виокремлення є розгляд системи з погляду *цільового призначення*», — стверджує А. А. Гостєв (Гостєв, 1984, с. 116). Ще конкретнішим є П. К. Анохін: «Усю діяльність системи можна подати в термінах результату <...> Системою можна назвати тільки такий комплекс вибірково залучених компонентів, де взаємодія та взаємовідношення набуває характеру взаємоСПІВдії (*згідно з оригіналом. — Авт.*) компонентів для отримання фіксованого корисного результату» (Анохин, 1980, с. 196).

Власне ставлення до систем у визначенні поняття «ідеальна система» вкрай чітко висловив Г. С. Альтшуллер: «Ідеальною є та система, якої немає, але *функція* якої виконувана!». Інакше кажучи, людству потрібні не речі, не об'єкти — потрібні їхні функції: «Машина не самоціль, вона тільки засіб для виконання певної роботи» (Альтшуллер, 1969, с. 81). Такий «засіб» виникає як системна *властивість* — результат об'єднання спеціально вибраних елементів — і в такий спосіб створює *системний*

ефект — здатність штучної системи виконувати «певну роботу», тобто свою основну функцію.

Визначимо похідні поняття:

Елемент (компонент) — структурна одиниця, яку можна виокремити на основі різних специфічних ознак.

Властивість елемента (компонента, системи) — його (її) кількісна та/або якісна характеристика, що виявляється під час взаємодії з іншими елементами (компонентами, системами).

Системоутворювальний чинник — суб'єктивна потреба (задум), яку необхідно задовольнити за допомогою створення нової системи.

Системна властивість — властивість системи, яка виникає під час взаємодії властивостей елементів, що становлять систему та забезпечують їй можливість виконувати основну функцію.

Системний ефект — результат дії системної властивості створеної системи, що задовольняє суб'єктивну потребу — системоутворювальний чинник (задум).

Системоутворювальна функція — дії, що з окремих елементів утворюють систему, яка має необхідну системну властивість і забезпечує досягнення системного ефекту (результату) (Меєрович, Шрагіна, 2020).

І за аналогією до визначення поняття «ідеальна система» як поняття «ідеальна матерія» розумітимемо *результат взаємодії елементів системи, що створюють у потрібний час і в потрібному місці необхідну системну властивість* (Меєрович, 1992).

Спрощено пояснимо значення понять на конкретному прикладі. Припустімо, виникає потреба створити щось цілком нове, скажімо, об'єкт, що переміщуватиме вантажі повітрям. Ця потреба є системоутворювальним чинником. Для реалізації цієї потреби необхідно, аби об'єкт міг:

- підніматися в повітря з поверхні землі — володіти підйомною силою;
- пересуватися в повітрі — мати двигун для горизонтального руху;
- пересуватися в потрібному напрямку — мати орган керування.

Обираємо елементи, що можуть забезпечити нам ці можливості. Так, підйомну силу мають тепле повітря, легкі гази (водень, гелій), крило. Пересуватися горизонтально повітрям можна під дією вітру чи двигуна (гвинтового чи реактивного). Керувати польотом можливо за допомогою керма чи додаткових двигунів.

Кожен із названих елементів має властивість, що виявляється тільки у взаємодії з іншим об'єктом. Так, наприклад, тепле повітря має підйомну силу доти, доки температура навколишнього повітря нижча, ніж його власна температура. Гвинтовий двигун чи кермо можуть працювати тільки в повітряному середовищі певної густини тощо.

Об'єднуючи різні елементи в групи, отримаємо різні системи з конкретними *системними властивостями*: тепле повітря чи легкий газ, уміщені в оболонку, дозволять нам створити повітряну кулю чи дирижабль; крило та гвинт — гвинтовий літак; крило та реактивний двигун — реактивний літак тощо. Вияв кожної конкретної системної властивості дасть змогу отримати певний *системний ефект*, що реалізує потребу, — системоутворювальний чинник.

Дії, що формують з окремих елементів систему, яка має необхідну системну властивість, що зі свого боку перетворює системоутворювальний чинник (потребу, замисел) на *системний ефект* (результат), виконує *системоутворювальна функція*.

Дослідження технічних систем як продукту винахідницької діяльності з метою з'ясування, які зміни в них відбуваються, чи є спільні тенденції в характері цих змін, показало, що їхній спільний розвиток зумовлений об'єктивними законами (Альтшуллер,

Шапиро, 1956). *Еволюція техніки, отже, підтвердила загальні положення об'єктивної логіки Г. Гегеля: предметний світ визначає характер дій із ним.* Виявлені (ця робота продовжується й нині) та сформульовані закони розвитку технічних систем (ЗРТС) дали поштовх в розробці основ ТРВЗ — теорії розв'язування винахідницьких завдань.

Розвиток будь-якої технічної системи, відповідно до виявлених законів розвитку, відбувається: а) у напрямі підвищення її рівня ідеальності, інакше кажучи, кожна наступна модифікація об'єкта виконує свою основну функцію щораз краще й краще (з погляду її творців і споживачів); б) нерівномірно; в) через розв'язання суперечностей. Сформульовано також закони синтезу систем та їхнього розвитку (Альтшуллер, 1969, 1979).

Загальна схема розвитку технічних систем виглядає так: потреба, що виникає в людини, приводить до необхідності створити об'єкт, що задовольняв би цю потребу та виконував у такий спосіб свою основну функцію. Щоб створити цей об'єкт, треба визначити його принцип дії: використовувати емпіричні чи теоретичні знання законів природи, що забезпечать виконання основної функції. Виникає конструкція об'єкта — штучна технічна система, що задовольняє людину на певному етапі її розвитку. Але в людини виникають нові потреби, і до наявної технічної системи вона починає висувати нові вимоги, що їх остання задовольнити вже не може. Виникає суперечність між потребами людини й можливостями наявної технічної системи, що взагалі може бути розв'язана тільки завдяки застосуванню нового принципу дії. Для цього потрібні нові знання, що втілюються в нову конструкцію. Але виникають нові потреби, й ланцюжок повторюється...

Однак, крім технічних систем, існують інші об'єкти — наукові знання, опосередковані в цих системах, твори мистецтва,

соціальні та організаційні структури тощо. Оскільки ці об'єкти не існують у природі самі собою, а є продуктом цілеспрямованої діяльності людини, вони *мають певну основну функцію й тому також можуть розглядатися як штучні системи*. Виникає питання: чи можна застосовувати закони розвитку технічних систем (ЗРТС) до розвитку всіх штучних систем? Інакше кажучи, чи поширюються закони розвитку елемента (а технічну систему можна розглядати як елемент штучних систем) на всі штучні системи?

Ця ідея виникла в Г. С. Альтшуллера наприкінці 1960-х років: «І якщо у винахідництві нам удалося створити Систему Хорошого Мислення, то чому не можна зробити це в інших галузях?.. Людина може Добре Мислити, якщо буде створено Загальну Теорію Хорошого Мислення. У цьому — кінцева мета нашої роботи» (Альтшуллер, Фильковский, 1975). І тоді завдання ТРВЗ — «створити нову, точну науку розвитку технічних, а потім наукових, а згодом художніх систем. <...> Можливість організації творчості (*технічної*. — *Авт.*) дає надію на те, що так само можна організувати творчість в інших видах людської діяльності, що безмірно привабливіше, ніж просто можливість розв'язувати технічні завдання» (Первый семинар для разработчиков ТРИЗ, 1997). І нова мета: «З 1982 року <...> головною метою стає навчання теорії розвитку технічних систем (ТРТС), перспективною метою — підготовка до переходу від ТРТС до загальної теорії сильного мислення (ЗТСМ), тобто до теорії розв'язування творчих завдань у всіх галузях діяльності. <...> *Наше найвище завдання — перебудувати мислення*» (Альтшуллер, 1986а).

Проте наявність загальних методів розв'язку означає, що для об'єктів, використовуваних «у всіх галузях», існують спільні закономірності розвитку.

Пошуками загальних законів розвитку природи, суспільства, людини й мислення займалися ще античні філософи. Але першу

істотну спробу розкрити внутрішній зв'язок у процесах розвитку природного, історичного й духовного світу здійснив Г. Гегель, сформулювавши закони діалектики (Гегель, 1974). За сто років наявність «всесвітньої організаційної науки» — законів розвитку, спільних для всіх об'єктів, — показав О. О. Богданов, підготувавши базу для створення загальної теорії систем (Богданов, 1989).

Зіставимо закони Гегеля (Гегель, 1974) й закони Альтшуллера (Альтшуллер, 1979) — чи сумісні вони? Як закон розумітимемо внутрішній істотний зв'язок явищ, що зумовлює їхню упорядковану зміну. Закони існують об'єктивно, незалежно від свідомості людей, як вираження необхідних, істотних, внутрішніх відношень між властивостями речей або різними тенденціями розвитку (Никитин, 2001).

Методологічну вимогу Гегеля про «Об'єктивність розгляду» Альтшуллер реалізує, розглядаючи як джерело розвитку технічних систем не суб'єктивні психічні процеси, що відбуваються в мисленні кожного окремого винахідника, а *етапи зміни реальних технічних об'єктів* — продукту винахідницької діяльності — протягом тривалого проміжку часу.

З погляду «Принципу розвитку» Гегеля вся духовна культура людства (а технічна система — це також продукт культури!) постає як один закономірний процес «*поступального розвитку істини*» (курсив наш. — Авт.). З цим принципом цілком збігається закон Альтшуллера *про розвиток системи в напрямі підвищення рівня її ідеальності*.

Законові Гегеля про «Перехід кількості в якість» відповідає закон Альтшуллера про розвиток робочого органа технічної системи та зміну — у разі відкриття нових знань — *принципу дії системи*.

Закон Гегеля про «Єдність і боротьбу протилежностей» виявляється у висуванні до технічної системи нових вимог

і виникненні суперечностей, лише після розв'язання яких відбувається її розвиток — створюється нова функційна система.

І законіві «Заперечення заперечення» відповідає зміна систем, кожна з яких ідеальна тільки в момент виникнення й на певному етапі розвитку науки.

Отже, закони розвитку технічних систем (ЗРТС), виявлені Г.С. Альтшуллером, відповідають загальним законам діалектики Г. Гегеля. І саме через відповідність цим законам ТРВЗ часто називають прикладною діалектикою.

Деталізація ЗРТС дозволяє виявити кілька закономірностей розвитку систем, що забезпечує нас інструментом для їх аналізу й прогнозування розвитку, а використання поняття «ідеальна система» дає можливість увести критерії кількісної оцінки.

Повернімося до питання, чи відбувається розвиток штучних систем за ЗРТС⁹. Літературні джерела й наші власні дослідження дають на нього позитивну відповідь. Так, розглядаючи еволюцію суспільства й виокремлюючи в ній первісний, сільськогосподарський, індустріальний та інформаційний етапи (за спрямованістю економіки на виробництво основних видів продукції), В. Є. Хмелько вважає, що «структурна еволюція суспільних продуктивних сил відбувається в одному напрямі». І прогнозує п'ятий етап — людинотворчий: «виробництво й відтворення людини як творчої особистості»¹⁰.

Сучасний підхід до розуміння *суті* та *механізмів влади* показує, що вона реально працює та реалізується не через пряме насилля, а насамперед через маніпуляцію середовищем, де ухвалюють рішення, семантичним та інформаційним полем соціуму, через маніпуляцію специфічними формами знань

⁹ Приклади застосування ТРВЗ для аналізу нетехнічних систем подано в частині III.

¹⁰ Тертычный А. Фукуяма ошибся: «конец истории» отодвигают украинские исследователи. *Зеркало недели*. 5 апреля 2003. № 13 (438). С. 20

(Пистрый, 1998). Інакше кажучи, через контроль над свідомістю: у термінології ТРВЗ — перехід на мікрорівень.

Філософська антропологія також проходить різні етапи розвитку в розумінні людини: як мікрокосмос в Античності; як єдність духовності, душі й тіла у зв'язку з Богом за допомогою любові, віри й надії — у Середні віки; як істота розумна, волюва, пристрасна, що виявляється в суспільних стосунках, — у Новий час; як істота, у якій підсвідоме панує над свідомим, яка освоює світ і прагне до його розуміння через мову, бунтує проти одноманітності й нівелювання себе як особистості, — у ХХ столітті (Канке, 2000).

Людське суспільство й культура виникли як потреба вижити та забезпечити собі найсприятливіші умови існування. *Соціальне середовище*, отже, — *теж штучна система* й також прагне ідеальності — виховання в людини толерантності, вміння жити серед собі подібних.

Було досліджено й багато інших штучних систем, зокрема таких, як *методологія технічної творчості*, *функція й зміст системи освіти*, *юридичні норми*, *суб'єкти господарської діяльності*, *форми музичних творів* тощо. Результати показали, що їхній розвиток відбувається відповідно до тих самих закономірностей, що й розвиток технічних систем, тобто в напрямі підвищення рівня їхньої ідеальності. Цей висновок дозволяє застосувати ЗРТС до ширшого класу категорій, спрогнозувати — на основі цих законів — їхній розвиток і замінити традиційний історичний підхід до зміни штучних систем (констатацію фактів «було — стало») на функційний: кожна зміна такої системи — це результат людських потреб, що зростають.

ТРВЗ, отже, стає основою практичної методології аналізу проблем, які виникають за функціонування штучних систем, і базою для створення ТРШС — теорії розвитку штучних систем. *Об'єкт*

дослідження ТРШС — процес розвитку штучних систем, *предмет дослідження* — причини й об'єктивні закономірності цього розвитку, *мета* — виявлення цих закономірностей і створення методології для пошуку найефективніших розв'язків проблемних ситуацій, а основний *метод* — аналіз процесу зміни штучної системи як **продукту** творчої діяльності (Меєрович, Шрагіна, 2020).

Розділ 3

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ОСВІТИ В КОНТЕКСТІ ФУНКЦІЙНО-СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Основна функція системи освіти як штучної системи — підготовка кадрів для всіх галузей діяльності економіки.

Проте якщо раніше система освіти рухалася за потребами економіки, встигаючи їх задовольняти, то перехід на інформаційний (постіндустріальний) етап її розвитку докорінно змінює вимоги до функції системи освіти й, відповідно, до змісту, методів навчання та підготовки педагогічних кадрів: «продуктом» системи освіти мають бути не вузькі спеціалісти, а творчі особистості, що володіють системним мисленням.

Якість життя, або Індекс людського розвитку країни, програма розвитку ООН оцінювала за трьома основними показниками: середній вік, середній дохід на душу населення й рівень грамотності. На початку XXI століття до них додано ще один — валове охоплення населення навчанням. Вибір такого показника — істотна характеристика епохи, у якій ми живемо.

Ще у 1920-ті роки відомий англійський філософ А. Вайтгед зазначав, що розвиток нових принципів навчання значно відстає від розвитку суспільства, і це загрожує серйозними наслідками (Уайтхед, 1990). У 1960-ті роки його побоювання підтримали

дослідники проблем майбутнього: з десяти головних проблем, із якими, на їхню думку, зіткнеться людство 2000 року, проблемою номер один стане «освіта й виховання (нові методи освіти, нові методи викладання)» (Байнхауэр, Шмакке, 1973).

Сьогодні вже 2024 рік, і прогнози підтверджуються: стан світової системи освіти можна схарактеризувати одним словом — «криза». Чому саме зараз таким вагомим є значення освіти і які причини кризи системи освіти?

Для аналізу наявних проблем і пошуку ефективних відповідей на них використаємо закони розвитку штучних систем (ЗРШС). Чому штучних? А тому, що систему освіти людство створювало усвідомлено для виконання цілком визначеної основної функції — підготовки наступних поколінь із метою їхньої найбільш ефективної участі в усіх галузях діяльності суспільства через передачу соціокультурного досвіду, накопиченого попередніми поколіннями. Тому за ознакою «походження» систему освіти можна розглядати як *штучну* — створену працею людини для задоволення її потреб (Меєрович, Шрагіна, 2020).

Чи змінювалась основна функція системи освіти протягом історії розвитку людства? Розгляньмо етапи цього розвитку.

Основним замовником і споживачем «продукту», що його випускає система освіти, завжди була й залишається економіка. Визначимо поняття *економіка* як галузь діяльності людини з виробництва матеріальних, культурних і духовних цінностей. Історію розвитку людства за спрямованістю економіки на випуск основних видів продукції та, відповідно, за кількістю працездатного населення, зайнятого в цій галузі, заведено ділити на такі етапи: первісний, сільськогосподарський (аграрний), промисловий (індустріальний) і постіндустріальний (інформаційний). Зважаючи на те, що еволюція суспільства підпорядкована ЗРШС і на цьому не зупиниться, має настати п'ятий етап — людинотвор-

чий. І на кожному етапі свого розвитку економіка потребує різних відповідей на питання, що визначають основну функцію системи освіти, її зміст, методи, контингент учнів і вимоги до педагогів: «Навіщо вчити? Чого навчати? Як? Кого? Хто вчить?» (схема 3.1).

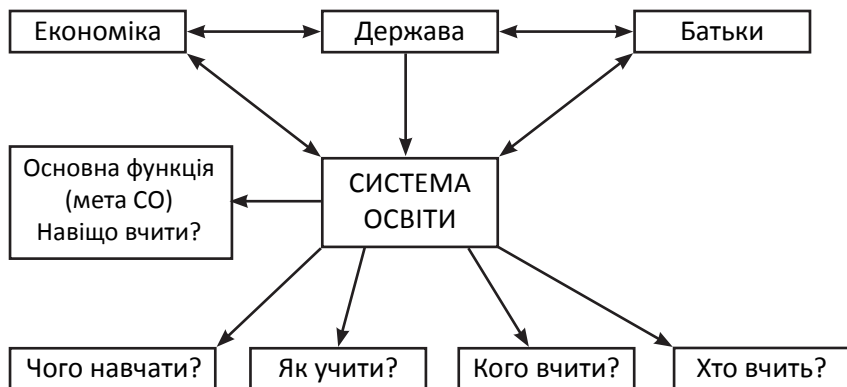


Схема 3.1. Структура системи освіти та її взаємозв'язок із деякими елементами системи «Держава»

На першому й другому етапі (приблизно до XVIII століття) людство було передусім зайняте створенням продуктів харчування й супутніми ремеслами, виготовленням зброї та постачанням армії. Головним джерелом багатства держави в той період були родючі землі, природні ресурси (переважно ті, що містилися на поверхні землі) та кількість працездатного населення.

У XVIII–XIX століттях швидке зростання промисловості зосереджує основну кількість працездатного населення на виробництві машин і механізмів. Виникає потреба у великій кількості вузьких фахівців, здатних кваліфіковано обслуговувати нові технології, створювати якісну продукцію й забезпечувати високу продуктивність праці як головного джерела прибутку. Джерело багатства держави на промисловому етапі визначається вже не її територією, не кількістю населення й навіть не наявністю природних ресурсів (за винятком нафти, газу, рідкісних металів

та деяких інших), а високотехнологічним обладнанням і висококваліфікованими спеціалістами.

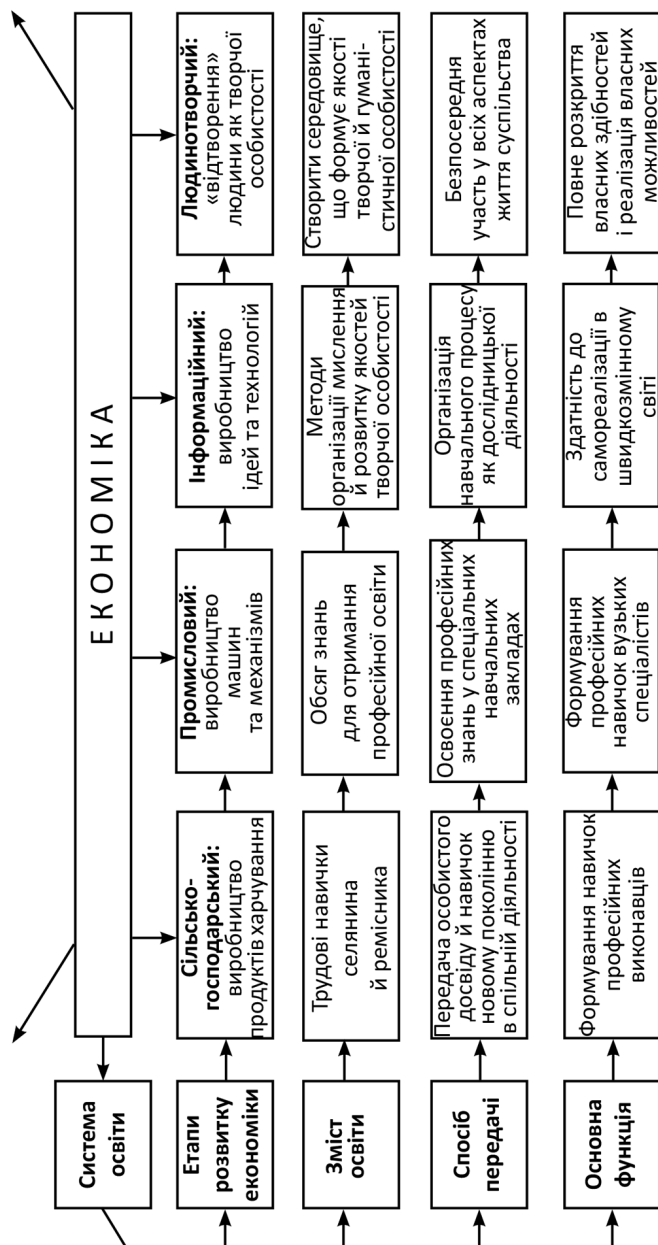
Але темп наукових досліджень зростає, і найдосконаліші технології стають застарілими вже за 5–7 років. Ще до кінця ХХ століття найціннішим товаром стають нові ідеї й технології, найбільш розвинені країни оголошують про намір стати світовими науково-технічними лабораторіями. А таким лабораторіям потрібні відповідні кадри...

З аналізу зміни пріоритетів економіки видно, що розвиток суспільства змінює вимоги до виробничих сил, тому змінюється основна функція системи освіти та зміст усіх її елементів (схема 3.2, стор. 42).

Соціокультурний досвід переважної більшості населення на первісному й аграрному етапах був пов'язаний насамперед із пошуками й добуванням їжі, а згодом — з обробкою землі, вирощуванням худоби та дрібними хатніми ремеслами. Зміст освіти — трудові навички селянина, скотаря або ремісника — передавався (методика) як особистий досвід від покоління до покоління в процесі спільної сімейної чи цехової діяльності. Результатом такої передачі досвіду було (основна функція) формування навичок професійних виконавців. Зміни в технологіях відбувалися досить повільно, нові способи обробки й ремесла виникали рідко, людина народжувалася й помирала серед одних і тих самих об'єктів, і набутого досвіду їй цілком вистачало на все життя.

Розвиток науки, а на її основі — промислового виробництва, й поява тисяч нових спеціальностей вимагали додати до змісту освіти певний обсяг теоретичних знань. Щоб здобути нові професійні знання й навички, необхідні для управління обладнанням, створюють спеціальні навчальні заклади. Результатом навчання в них (основною функцією) стає формування вузьких спеціалістів, здатних забезпечити максимальну продуктивність праці на робочому місці.

СХЕМА 3.2. ЗМІНА ОСНОВНОЇ ФУНКЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТИ
НА РІЗНИХ ЕТАПАХ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ



Система освіти добре виконувала свої функції на всіх етапах еволюції суспільства, поки йшла за потребами економіки та встигала перебудовувати методики й зміст навчальних програм. Перехід на інформаційний етап розвитку й необхідність створення принципово нового продукту — наукоємних ідей і технологій — докорінно змінили вимоги до якостей працівників: перше місце посів **«людський чинник»** — комунікативність як здатність працювати в команді, творчість як здатність генерувати нові ідеї, здібність до навчання як здатність швидко засвоювати та практично застосовувати нову інформацію (Меєрович, 2004). *У категорії «багатство й конкурентоздатність країни» економіка виробництва поступається економіці Знань і Людини — володарці цих знань*¹¹.

Криза системи освіти практично всіх розвинутих країн мала універсальний характер і була спричинена насамперед її метою — орієнтацією на той промисловий етап розвитку суспільства, що минає, тому концепції профільної освіти морально застаріли (Меєрович, 2004).

Спроби розв'язати проблему екстенсивними методами — збільшенням термінів навчання та спеціалізацією навчальних закладів — давно вичерпані.

Причиною кризи системи освіти став комплекс таких основних суперечностей:

1. Швидке зростання загального обсягу наукової інформації призводить до збільшення термінів навчання, а спеціалізація навчальних закладів — до втрати цілісності й системності об'єктивної картини світу.

2. Необхідність щоденно засвоювати велику кількість нової інформації не залишає учням часу на її осмислення й «пере-

¹¹ Полунеев Ю. Конкурентоспособность страны как национальная идея. *Зеркало недели*. 19 марта 2005. С. 13.

травлення», і знання перестають бути найважливішою умовою й стимулом розвитку мислення.

3. У систему підготовки педагогів закладено методи репродуктивної передачі інформації, а в систему контролю якості навчання — методи перевірки обсягу знань на базі механічної пам'яті.

4. Репродуктивні форми навчання не здатні забезпечити масову підготовку спеціалістів творчих професій, діапазон яких швидко зростає.

5. Сучасні форми діяльності в складі команди потребують наявності розвинутих комунікативних якостей особистості, а практично всі форми сучасного виховання орієнтовані на формування індивідуаліста.

Не забезпечує система освіти й можливості активної участі суб'єкта в суспільних відносинах та власній життєтворчості, здатності до самореалізації у швидко змінюваному світі.

Й економіці, й соціуму для підготовки спеціаліста «завтрашнього дня» потрібна **випереджувальна педагогіка**. Особистість із таким стилем мислення не тільки ефективно реагуватиме на постійні зміни технологій, а й розглядатиме їх як можливість отримати життєво необхідне моральне задоволення від розв'язання нових інтелектуальних проблем.

У пошуках ресурсів, які б дозволили розв'язати проблему кризи системи освіти, розглянемо компоненти останньої й сформулюємо комплекс вимог до цієї технології (див. схему 3.1).

Візьмемо як основну функцію системи освіти («Навіщо вчити?») формування здатності особистості до самореалізації. Тоді *головною метою освіти й виховання* на інформаційному (а надалі — й на людинотворчому!) етапі розвитку суспільства *стає* формування інтелектуальної та духовної культури людини, навчання мистецтва користування знаннями, вироблення стилю

мислення, що дає можливість аналізувати проблеми в будь-якій галузі життя й лаконічно знаходити найточніше та найбільш економічне їх розв'язання.

Відповідно до законів розвитку штучних систем змістом освіти (*«Чого навчати?»*) *мають стати методи організації мислення й розвитку якостей творчої особистості*, для чого потрібний перехід від нерефлексивного засвоєння знань *до усвідомленого опанування й володіння мисленнєвими прийомами й операціями*. А для цього *варто передусім змінити методiku* (*«Як учити?»*) — спосіб передачі знань: замість узвичаєного нині репродуктивного передання інформації навчальний процес має бути організований як *групова дослідницька діяльність із «добування» нових для учнів знань*. Така організація процесу орієнтує учня не на власне отримання правильної відповіді, а на розуміння того, як саме цю відповідь отримано. У результаті на матеріалі будь-якого навчального предмета в нього формуються узагальнені способи мислєдїяльностї, що їх він може використовувати для пошуку розв'язків проблем різного характеру. Робота в групі забезпечить психологізацію цього процесу, що вможливить формування комунікативності, а необхідність проводити дослідження й розв'язувати проблеми, що виникають, — евристичність (формування творчих якостей) і педагогізацію (уміння вчитися).

Відповідь на питання *«Кого вчити?»* визначена необхідністю залучення все більшої кількості осіб до творчого процесу й однозначна як в економічному, так і в соціальному плані: елітарна система освіти, яка раніше була призначена для вузького кола осіб, мусить стати загальнодоступною.

І ще один погляд на систему освіти — виробничо-економічний: скільки та які знання й уміння кожна з педагогічних технологій здатна вкласти в голову й руки учня за одиницю часу (наприклад, за рік навчання)? І яку кількість найбільш цінного «продукту» з назвою «обдаровані діти» спроможна підготувати?

Найявні педагогічні технології забезпечують «на виході» максимум 5 % обдарованих. Невже всі інші діти бездарні? Важко повірити... Але як же в такому разі підвищити продуктивність системи освіти?

Отже, ми визначили, навіщо вчити, чого навчати, як і кого. Залишився останній елемент системи — учитель («Хто вчить?»). Однак цей елемент — головний: будь-яка реформа освіти, будь-яка педагогічна технологія зрештою реалізується в шкільному класі або університетській аудиторії. Психологи добре знають: тільки особистість здатна виховати нову особистість і тільки талант може виплекати новий талант! Більшість реформ у системі освіти протягом останніх 30–40 років (політехнізація, комп'ютеризація, гуманітаризація тощо) не давали очікуваного результату передусім тому, що тільки перетасовували обсяг знань, тобто зміст освіти, й злегка зачіпали методику, проте аж ніяк не залучали особистості вчителя. Проте й досконалий технологічний процес даватиме брак, якщо його виконуватимуть некваліфіковані кадри. Процес навчання — це теж технологія, але значно складніша, ніж збирання автомобіля чи комп'ютера, оскільки «виробом» є жива людська особистість. І якщо з нею працюватиме «репродуктор», він зіпсує найкращу творчу методику будь-якого предмета. І навпаки, творчий учитель, отримавши для роботи посередню програму й стандартну методику, відразу ж починає шукати, як їх покращити. Адже ким є творчий учитель, як не творцем нової технології?!

Підготувати творчого вчителя, що сам володіє системним мисленням і здатен формувати системне мислення в учнів безпосередньо в навчальному процесі, підвищуючи тим самим його продуктивність — відсоток «випуску» обдарованих дітей, — мета інноваційної технології «Випереджувальна педагогіка».

Практичні інструменти цієї технології: *генетичний аналіз, алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС), комплекс методів розвитку уяви та низка інших.*

Під час проведення генетичного аналізу будь-який *штучний об'єкт розглядають як систему, що виконує певну функцію.* Функційний підхід дає можливість увести учня у світ реальних потреб, для задоволення яких були створені конкретні об'єкти. На відміну від наявного в педагогіці історичного підходу, що тільки констатує зміну об'єкта в часі, *генетичний аналіз потребує виявлення причиново-наслідкових зв'язків між потребами людини та її діями щодо перетворення об'єкта.*

Необхідність простеження причин тих явищ, які відбуваються в природі, стає для викладача вихідним пунктом для вивчення законів природи, що є в основі принципу дії штучних об'єктів: не астрономія, фізика, хімія, біологія та інші науки самі собою, а аналіз причин виникнення цих наук, потреба в них.

Функційно-системний підхід дозволяє так само органічно зрозуміти *необхідність вивчення гуманітарних і теоретичних наук* — *теж як наслідок появи потреби людини отримати повну картину світу й усвідомити своє місце в ньому.*

Алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС) є чіткою програмою у вигляді універсальної послідовності виконання операцій (кроків) щодо аналізу проблеми, перетворення наявної ситуації на завдання, виявлення суперечності, способів її усунення й пошуку рішення, максимально наближеного до ідеального. На досягнення цієї ж мети працює розроблений за спеціальними алгоритмами, відповідно до вимог функційно-системного підходу, комплекс *вправ на розвиток уяви* як головного компонента творчого мислення.

Унаслідок цього в учнів формується системне мислення — *мислення, здатне оперувати найбільш загальними фундамен-*

тальними закономірностями, опанувати закони різних наук і вміти застосовувати ці знання для розв'язання життєво необхідних проблем у різних галузях діяльності.

Роль учителя за такої форми навчального процесу полягає в послідовній і цілеспрямованій організації проблемних ситуацій на матеріалі навчальних предметів, формулюванні завдань учням і, в разі потреби, надання їм допомоги.

Розділ 4

УСТАНОВЛЮЄМО ПРИЧИНОВО-НАСЛІДКОВІ ЗВ'ЯЗКИ

Аналіз та встановлення причин, що спричинили проблему,
методами функційно-системного підходу
різко звужує зону пошуку найефективнішого рішення
через свідоме відкидання (без генерування!) непридатних варіантів,
що показано на прикладі пошуку розв'язку проблеми Робінзона
«Як спустити човен на воду»
двома методами: мозковим штурмом і ТРВЗ.
У процесі пошуку розв'язку проблеми
й перетворення її на завдання
вимальовуються основні поняття
й методологічні та психологічні інструменти,
використовувані в ТРВЗ: ідеальна система,
алгоритм розв'язування проблемних ситуацій (АРПС),
інформаційний фонд (ІФ), прийоми розвитку творчої уяви (РТУ).

Проблема Робінзона

Для того щоб залишити свій безлюдний острів, Робінзон Крузо місяць рубав величезне дерево. Ще кілька місяців витратив на те, щоби видовбати з цього дерева човен. Увесь цей час Робінзон

відганяв від себе думку, як же спустити цей човен на воду. Коли ж човен був готовий — а вийшов він такий великий і надійний, що ним можна було сміливо плисти через океан, — відганяти цю думку було вже нікуди.

Намагання зсунути човен із місця виявилися невдалими. Робінзон спробував зробити «навпаки» — підвести до човна воду, але уявив обсяг робіт і відмовився від цієї спроби.

У червні 1986 року командам-учасникам першої передачі з циклу «Потрібна ідея»¹² запропонували як розруханку це, на думку Британської академії наук, нерозв'язне завдання. Передачу проводили у формі технічного КВК: на телебаченні вважали, що ця гра — чудове тренування винахідників, а в багатьох випадках — і реальний метод розв'язання практичних завдань.

Для участі в грі було запрошено шість команд, що їх сформували представники інститутів, підприємств і журналу «Винахідник і раціоналізатор». Склад команд — по одинадцять осіб у кожній — був досить сильним: доктори й кандидати наук, провідні фахівці різних галузей. Перед передачею учасники пройшли два тренування із засвоєння прийомів розв'язування завдань методом мозкового штурму.

Мозковий штурм, як відомо, складається з двох етапів: генерування ідей та їх експертизи. На першому етапі група за короткий час має «видати» якомога більше ідей, прагнучи, щоб вони були незвичні, оригінальні, навіть на перший погляд божевільні (Джонс, 1986). Ось варіанти ідей «Як стягнути тяжкий човен у воду», що їх висунули команди-учасниці під час передачі, а також запропонували після передачі телеглядачі й слухачі наших семінарів:

¹² Детально історію підготовки передачі, проведення першого туру та його підсумки описано у виданні: Речицкий В. И. Профессия — изобретатель. Москва : Просвещение, 1988. С. 139–145. Про цю передачу згадано в навчальному посібнику: Техническое творчество учащихся / под ред. д-ра пед. наук Ю. С. Столярова. Москва: Просвещение, 1989. С. 42.

1. Прокопати канал до човна.
2. Використовувати дощову воду.
3. Зробити декілька сходинок-шлюзів і заповнювати їх дощовою водою.
4. Прив'язати човен до дерева мокрою мотузкою, максимально її напнувши. Коли вона висохне, довжина мотузки зменшиться й завдяки скороченню довжини підтягне човен уперед. Потім знову прив'язати мокрою мотузкою...
5. Прив'язати човен до дерева подвоєною мотузкою. Потім уставити між мотузками палицю й закручувати їх. Сплітаючись у спіраль, мотузки коротшатимуть і підтягнуть човен уперед. Потім знову...
6. Зробити блоки та поліспасти, прив'язати їх до дерева й тягнути човен.
7. Прив'язати човен до верхівки високого дерева й зрубати його так, щоб, падаючи, воно тягнуло човен у бік моря.
8. Прив'язати до човна стадо кіз.
9. Вистелити дорогу до моря шкірами кіз, щоб зменшити тертя.
10. Змастити шкіри козячим жиром, аби тертя було ще меншим.
11. Збити жир із козячого молока, а не вбивати кіз (група викладачів із м. Тирасполя, Молдова).
12. Зробити «болото» під човном, щоб він міг «послизнутися» (учні 2-го класу, м. Одеса).
13. Збити навколо носа й корми човна два диски у вигляді коліс і котити човен.
14. Поставити човен на котки й котити.
15. Підняти човен важелем.
16. Піднімати блоком.
17. Прив'язати човен до дерева, що росте, — воно підніме саме.

18. Зробити повітряну кулю з козячих шкір або парусини: вона підніме човен.
19. Зробити з парусини вітрило: під час сильного вітру воно допомагатиме тягнути човен.
20. Зробити водне вітрило: під час відпливу потік води потягне його за собою, а разом із ним і човен.
21. Змайструвати великий пліт і під час припливу через блок прив'язати його до човна. Під час відпливу пліт опуститься й потягне за собою човен. За чергового припливу вкоротити мотузку...
22. Зробити вітряк із барабаном. Намотуючись на барабан, мотузка тягнутиме або підніматиме човен.

І багато інших ідей. На другому етапі мозкового штурму група експертів проводить ретельний аналіз висунутих ідей. Цей етап досить трудомісткий, він потребує скрупульозної оцінки кожної ідеї з погляду як техніки, так і економіки. Водночас спроба реалізувати будь-яку ідею створює цілу низку додаткових завдань, які також потребують оцінки й аналізу. Мабуть, якась із двадцяти двох викладених вище ідей і дає можливість спустити човен на воду, але яка саме, поки незрозуміло.

Досі ми використовували поняття «завдання» й «проблема» практично як синоніми. Розмежуймо їх. Як поняття «завдання» розумітимемо наявність необхідного й достатнього обсягу інформації, що її можна перетворити за допомогою наявного алгоритму на єдино правильну відповідь. Алгоритм може бути не один: існує, наприклад, декілька доведень теореми Піфагора, але всі вони дають один результат. Як алгоритм можуть слугувати формули: математичні, фізичні, хімічні, методи опрацювання статистичних даних (наприклад, факторний аналіз), у юриспруденції це можуть бути закони, на основі яких ухвалюють рішення...

Визначимо тепер поняття «проблема», спираючись на три ключові чинники, що їх ми використовували під час формулювання поняття «завдання»: обсяг інформації, алгоритм і результат. З цього погляду проблема — це невизначений обсяг істотної інформації (невідомо — недостатній чи надмірний), яку можна перетворювати за допомогою різних алгоритмів і тому отримувати безліч різних відповідей. Якщо простежити й проаналізувати хід думок (поки не зупинятимемося на тому, який він — цілеспрямований чи хаотичний) під час пошуку розв'язку проблеми, то побачимо, що аналіз проблеми спрямований найперше на структурування істотної інформації — її оцінку, відбір необхідної й доповнення відсутньої. Цей процес суб'єктивний і зазвичай пов'язаний з особистим досвідом того, хто розв'язує проблему, оскільки структурування інформації відбувається з прилаштуванням під відомий йому алгоритм. Інакше кажучи, під час пошуку розв'язку проблеми ми перетворюємо її на завдання, спосіб розв'язання якого знаємо. Водночас залежно від відібраної інформації і, відповідно, алгоритму ми отримаємо різні варіанти відповідей. Якість відповіді, до речі, дозволяє оцінити рівень розвитку мислення... Порівняння понять «завдання» й «проблема» подано в таблиці 4.1. (стор. 54)

А тепер спробуймо розв'язати проблему Робінзона, використовуючи методи, що їх пропонує ТРВЗ. Перша вимога ТРВЗ — з'ясувати причини виникнення завдання. Тому проаналізуємо ситуацію, яку нам пропонують як «проблему Робінзона».

На острові Робінзон опинився внаслідок трощення судна. Щоб повернутися додому, до рідної Англії, слід подолати водяну перепону — океан. Теоретично є чотири варіанти: повітрям, по воді, під водою й під землею — прокопати тунель... Робінзон, як бувалий моряк, без жодних роздумів обирає природний для нього варіант — по воді. Тут проблеми немає.

Таблиця 4.1

ПОРІВНЯННЯ ПОНЯТЬ «ЗАВДАННЯ» І «ПРОБЛЕМА»

Завдання	Проблема
1. Розв'язувачам надали необхідний і достатній обсяг істотної інформації (li): li ↓ 2. Розв'язувачам відомий алгоритм (Ал) пошуку розв'язку завдання: Ал ↓ 3. Усі розв'язувачі отримали однозначну відповідь (В): В	1. Кожний розв'язувач отримує деякий обсяг істотної інформації, аналізує його і на основі власного досвіду переносить, відкидаючи зайву інформацію й доповнюючи недостатню, в обсяг (li_1, li_2, li_3), потрібний йому для пошуку розв'язку: $li_1, \quad li_2, \quad li_3$ ↓ ↓ ↓ 2. Пошук розв'язку на основі отриманого обсягу інформації (використання «власного», відомого йому алгоритму): Ал₁ Ал₂ Ал₃ ↓ ↓ ↓ 3. За кожним варіантом отриманого розв'язувачами обсягу потрібної й достатньої інформації після її опрацювання власним алгоритмом отримано власну відповідь: В₁ В₂ В₃

Щоб переплисти океан і не потонути, не вмерти з голоду, необхідний надійний — великий! — човен. Великий човен можна вирубати сокирою з великого дерева — тут проблеми теж немає. Проблема виникає, коли човен потрібно спустити на воду й зробити це природним для Робінзона (й учасників передачі «Потрібна ідея») способом немає змоги.

Думка про потребу спустити пірогу на воду часто спадала мені в голову, але я прогав її такою нерозумною відповіддю: «Спочатку зроблю пірогу, а тоді вже, напевне, знайдеться якийсь спосіб пересунути її до води».

<...> Нарешті завдяки впертій праці я зробив чудову пірогу, що сміливо могла підняти чоловік двадцять п'ять, а отже, й мене з усім моїм майном. <...> Але всі мої спроби спустити його <човен> на воду не дали наслідків, хоч і коштували мені великих зусиль. До води було не більше як сто ярдів (приблизно 90 м. — Авт.), але перша перешкода полягала в тому, що місцевість піднімалася до берега під гору. Не занепавши духом, я вирішив зняти зайву землю так, щоб утворився пологіший спуск. На цю роботу в мене пішла сила праці, але хто шкодує праці, коли йдеться про визволення? Коли було подолано цю перешкоду, справа не просунулась ні на крок: я не міг зрушити з місця пірогу, як раніше не міг зрушити шлюпку.

<...> Я був невимовно засмучений і тільки тепер, хоч і надто пізно, зміркував, як нерозважливо братись до роботи, не розрахувавши точно, чого вона коштуватиме і чи вистачить сили довести її до кінця¹³.

Спробуємо збагнути, чому йому не вдалося спустити човен. Здоровенний кедр, із якого Робінзон робив човен, мав у поперечнику біля кореня 5 футів 10 дюймів (приблизно 1,8 м), а на висоті 22 футів (приблизно 8 м) — 4 фути 11 дюймів (приблизно 1,5 м). Така колода важить понад 15 тонн, і навіть якщо припустити, що під час обробки колоди три чверті її об'єму пішло на стружку, то вага човна становитиме приблизно 4 тонни.

Щоб тягнути такий човен, потрібна велика сила тяги, і більшість генерованих під час мозкового штурму ідей саме й були

¹³ Дефо Д. Робінзон Крузо / пер. з англ. за ред. Є. Крижевича. Київ : Дніпро, 1985. С. 112–113. (Вершини світового письменства. Т. 53).

спрямовані на створення такої сили (див., наприклад, ідеї 4–8, 20–22). Силу тяги можна зменшити, якщо знизити силу тертя: частина ідей спрямована на зменшення тертя завдяки змащуванню поверхонь, що труться (ідеї 9–12).

Ще раз зазначимо, що йти в плавання через океан, щоб потонути, Робінзонаві, очевидно, не варто було. Отже, основна функція човна – надійність у плаванні, а надійність може забезпечити тільки великий човен. Проте водночас виникає небажаний ефект: великий човен неможливо пересунути до моря. Можна змайструвати й переміщувати малий човен, але він буде ненадійним. Виходить, що під час спроби усунути один небажаний ефект ми створюємо новий! Так виникає причиново-наслідковий зв'язок:

ЯКЩО човен великий, ТО він надійний, АЛЕ важкий.

І навпаки:

ЯКЩО човен малий, ТО він легкий, АЛЕ ненадійний.

Звідси випливає, що човен має бути великим, щоб бути надійним (виконувати основну функцію) — і бути малим, щоб бути легким (не створювати небажаного ефекту). Очевидна суперечність: бути великим — і бути малим! Однак ця суперечність стосується різних періодів: бути великим — під час плавання й бути малим — під час переміщення поверхнею землі.

Головне для Робінзона, щоби човен був великим під час плавання. Це означає, що він має бути «як малий», тобто вимагати невеликих зусиль, під час переміщення.

З'ясуємо, чому складно переміщувати човен. Найчастіше відповідають, що він важкий — аж 4 тонни! І тільки після аналізу стає очевидним, що річ не у вазі, а в силі тертя, яке створює ця вага між днищем човна й поверхнею землі. Тоді миттю виникає нова ідея: якщо котити човен на котках або колесах по твердій основі, а не тягнути по землі або навіть по козячих шкурах, змащених

жиром, буде потрібна зовсім невелика сила тяги. Інакше кажучи, варто замінити тертя ковзання тертям кочення. А для цього човен слід поставити на котки. Зробити це можливо двома способами: або підкопати під ним землю й засунути туди декілька круглих колод, або підняти човен. Якщо підкопувати, то варто робити велику яму з пухким ґрунтом, по якому важко котитимуться колоди, і з якої потім ще треба буде вилізати. Піднімати? Але коли згадують, що одна людина мусить підняти 4 тонни, від цієї ідеї здебільшого відразу відмовляються, вважаючи, що підйом човна — така сама складна справа, як і його переміщення. І дарма! Адже тягти доведеться всю відстань, а підняти — тільки один раз. До того ж, піднявши човен і поставивши його на котки, ми розв'язуємо проблему його переміщення.

Тому поставимо нове завдання — підняти човен. (Частина ідей, висунутих під час мозкового штурму, а саме 15–18 і 22, до речі, була спрямована саме на це.) Проте, щоб не повторювати мозкового штурму, використаємо методи, рекомендовані ТРВЗ.

Сьогодні функції вантажопідйомних механізмів виконують важелі, домкрати, блоки, піднімальні крани, дирижаблі, гвинтокрили тощо. Подумки перенесімо на острів підйомний кран, наприклад, автомобільний. Якщо вводити такий кран, то, відповідно до причиново-наслідкового зв'язку, він підніме човен, проте неприпустимо ускладнить систему. Виходить, що кран потрібен, щоб підняти вантаж, і не потрібен, аби не ускладнювати системи.

У крані нас цікавлять, власне, не колеса, не рама, не кабіна, навіть не стріла й не двигун. Нас цікавить тільки **основна функція** крана — його здатність створювати підйомну силу. Саме цю здатність крана — створювати підйомну силу — ми залишимо на острові, а всі інші частини, щоб не ускладнювати системи, приберемо. На острові залишиться основна функція **ВІДСУТНЬОГО** крана. Ідеальний кран — його немає, а функція працює!

Систему, якої немає, але основна функція якої виконувана, у ТРВЗ називають ідеальною.

Розгляньмо поняття «ідеальна система» на ще одному прикладі — калькуляторі. Його основна функція — дії, для яких був створений калькулятор, — швидкий рахунок, швидкі дії з числами. Потреба в них виникла давно, й першими пристроями, що ці дії виконували, були пальці, палички й камінці, потім рахівниці, арифмометр і логарифмічна лінійка, й лише нещодавно їм на зміну прийшов калькулятор.

Як же змінювалися основні параметри під час заміни кожного попереднього пристрою на новий? Насамперед зростала швидкість рахунку — краще працювала основна функція. Водночас зменшувалися витрати енергії на виконання однієї операції (однієї дії з числами) й розміри пристрою. Отже, можна стверджувати, що кожна наступна система з виконання своєї основної функції була більш ідеальною порівняно з попередньою.

Доведімо ці параметри до межі. Межова швидкість рахунку — в ідеалі, величезна, нескінченно велика. Витрати енергії в ідеалі — нульові, тобто пристрій працює без будь-яких витрат енергії. І розміри такого пристрою в ідеалі теж зводяться до нуля. Тоді ми отримуємо ідеальний калькулятор — його немає, але обрахунки відбуваються з безконечно високою швидкістю! Тенденцію розвитку системи для швидкого рахунку в напрямі до ідеальності подано в таблиці 4.2. (стор. 55)

Застосування поняття «ідеальна система» дає нам змогу уявити модель, до якої варто прагнути під час зміни будь-якої системи.

Використаємо розглянуте поняття для розв’язання проблеми Робінзона. Якщо крана немає, а його функція — створення підйомної сили — має бути виконана, то очевидно, що таку силу слід шукати тільки всередині самої системи.

Єдина сила, наявна всередині системи, — це вага човна, яка спрямована вниз і притискає його до землі. Саме цю силу й

Таблиця 4.2

**РОЗВИТОК СИСТЕМИ ДЛЯ ШВИДКОГО РАХУНКУ
В НАПРЯМІ ДО ІДЕАЛЬНОСТІ**

Пристрої для швидкого рахунку	Основні параметри, що змінюються	Напрямки зміни параметрів	Межові значення параметрів
Пальці, палички, камінці, рахівниця, арифмометр логарифмічна лінійка, калькулятор	Швидкість рахунку	Підвищується	∞
	Витрати енергії на виконання однієї операції	Зменшуються	0
	Розміри пристрою	Зменшуються	0

потрібно подолати. Інакше кажучи, човен мусить підняти себе сам. Виходить нове — досить неочікуване! — завдання: піднімати за допомогою сили, спрямованої вниз! Чи існують механізми, що працюють у такий спосіб? Так, це звичайний важіль, його найпростіший і всім відомий варіант — дитяча гойдалка. Інший механізм — блок: трос тягнуть униз, а вантаж піднімається.

У нашому завданні ситуація ускладнена тим, що човен має виконувати одночасно дві ролі: об'єкта, що його треба підняти, й сили, що підіймає.

Обидва варіанти (важіль і блок) можна реалізувати, якщо подумки поділити човен на дві частини й розглядати, наприклад, корму — як силу, а ніс — як об'єкт. Але щоб ніс міг піднятися, в корми має бути можливість опуститися. А опускатися їй нікуди — заважає земля. Нове завдання, проте простіше: викопуємо яму під кормом. А щоб багато не копати, зсунемо центр ваги човна до корми. Для цього можна використати той самий ґрунт, що ми

з-під корми дістаємо. Коли ніс задереться, а корма опуститься в яму, підставимо котки, викинемо ґрунт із човна — і він сам опуститься на котки. Тепер човен можна котити до моря.

Для зіставлення ефективності методів мозкового штурму й ТРВЗ проаналізуємо етапи розв'язання завдання. Якщо попросити автора кожної ідеї, що виникла під час мозкового штурму, відновити хід думок, унаслідок якого його ідея з'явилася, то найчастіше відповідь така: за асоціацією, за аналогією до чогось уже відомого, баченого, добре знайомого. Аналогізування здебільшого пряме: необхідна ознака або принцип переноситься без істотних змін. Якщо запропонувати учасникам мозкового штурму оцінити методику з погляду наявності якихось закономірностей, то відповідь здебільшого буде негативною. Тому ціна досвіду, набутого внаслідок участі в штурмі, досить невисока.

Чому це так? Передусім тому, що в методиці мозкового штурму відсутній етап аналізу проблеми й учасники відразу починають розв'язувати її, пропонуючи та розвиваючи ідеї. До того ж у цій методиці немає критеріїв вибору спрямування пошуку розв'язку, немає критеріїв оцінки ідей, що їх висувують безпосередньо під час штурму. Основна «краса» штурму — у хаотичності запропонованих ідей, тому часто чергова ідея руйнує хід розв'язання, що приводить до потрібної відповіді, й завдання повертається до початку. Хід штурму відображено на схемі 4.1. (стор. 59)

Наприклад, неприпустима за своєю важкістю ідея 1 («Прокопати канал до човна») отримує цілком логічно й технічно обґрунтований розвиток у вигляді ідей 2 і 3: використати дощову воду для спорудження шлюзів. Але цей розвиток нівелює ідея 4 — усе-таки тягти човен. Ідеї 8–11 є поступовим розвитком варіанту, що пропонує зменшити тертя, й природно підводять до ідеї 12 — котити човен. Проте спроба розв'язати нове завдання — підняти човен — знову збиває розв'язок на манівці. Унаслідок

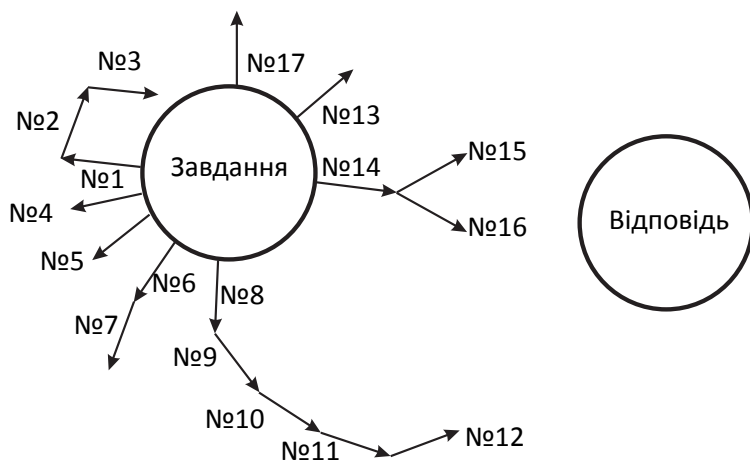


Схема 4.1. Хід мозкового штурму

цього більшість висунутих ідей (а інколи й усі!) виявляються «порожніми», а час для їх генерування — витраченим надарма.

Крім того, методика мозкового штурму не дає впевненості, що серед запропонованих ідей справді є та, що приведе до єдино правильного результату.

ТРВЗ вимагає розпочинати розв'язування з аналізу проблемної ситуації й визначення основної функції системи. Для проблеми Робінзона це, найперше, надійність, тому дискусії на тему «Навіщо потрібен великий човен» відразу ж скасовано.

Аналіз причини, через яку виникла проблема, — необхідність створення великої тягової сили, потрібної, щоб тягнути човен, — приводить до вибору іншого способу переміщення — котити човен. І ще десяток висунутих ідей, пов'язаних із поняттям «тягнути», виявляються «порожніми» непотрібними: запрягати кіз, рубати дерева, змазувати поверхні жиром... Так виникає нове завдання — підняти човен, щоб поставити його на котки. АЛЕ (!) замість пошуків варіантів «за аналогією» тут-таки формулюється ідеальна з погляду ситуації вимога: **човен мусить підняти себе сам**. Так відкидаємо можливість застосування блоків, важелів,

дерев, повітряних куль та інших «порожніх» варіантів ідей. І залишається тільки один, найсильніший і, що головне, реальний.

Методика ТРВЗ самою своєю структурою усуває недоліки, притаманні мозковому штурму (і, як переконаємося далі, іншим методам відбору варіантів). Початкова спрямованість на ідеальний розв'язок відкидає саму можливість витратити час на генерування й подальший аналіз «порожніх» ідей, звужуючи в процесі розв'язання проблеми поле пошуку до тієї мінімальної зони, де існують лише сильні варіанти.

Визначимо інструментарій, використаний під час пошуку розв'язку проблеми алгоритмічним методом. Насамперед це була чітка програма у вигляді певної універсальної послідовності кроків для аналізу проблеми та перетворення вихідної ситуації на завдання й пошук його розв'язку. Цю програму називаємо **алгоритмом розв'язування проблемних ситуацій (АРПС)**.

Протягом розв'язування ми неодноразово досліджували природу фізичних процесів, що створюють проблеми, — види тертя, центр тяжіння... І сам розв'язок зрештою зводився до пошуку фізичного (у цьому завданні) ефекту, що забезпечує реалізацію ідеального варіанту. Обсяг знань про закони природи, потрібний для реалізації ідеї, створює необхідний **інформаційний фонд (ІФ)**.

Під час пошуку розв'язку проблеми до суто логічних ходів думки долучалась уява: наприклад, тоді, коли варто було уявити ідеальний — відсутній — кран, уявно поділити човен на дві частини... **Формування керованої уяви — мета спеціального курсу з розвитку творчої уяви (РТУ)**.

АРПС, ІФ, РТУ — основні інструменти теорії розв'язування винахідницьких завдань — ТРВЗ, основи якої наприкінці 1940-х років започаткував і потім протягом усього життя розвивав інженер Г. С. Альтшуллер зі своїми колегами й учнями. Можливість застосування ТРВЗ для формування системного мислення в навчальному процесі і є змістом цього практичного посібника.

Розділ 5

ВИВЧАЄМО СИСТЕМИ В РОЗВИТКУ:

ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Аналіз історії появи та розвитку технічних систем виявив об'єктивні закономірності цього процесу, незважаючи на те, що потреби людства, що викликають необхідність удосконалення систем, пов'язані з суб'єктивними чинниками.

На прикладі детального генетичного аналізу системи місцевого освітлення показано, що розвиток технічних систем відбувається внаслідок розв'язання суперечностей, які виникають за нових вимог користувача до наявної системи. Побудовано фрагмент багатоекранної схеми розвитку системи, висвітлено взаємозв'язок між елементами системи й надсистемами. Сформульовано групу загальних законів розвитку технічних систем (ідеологія ТРВЗ).

У попередньому розділі в пошуках розв'язку проблеми Робінзона ми використовували деякі поняття: «функція», «система», «ідеальний об'єкт». Визначимо тепер ці поняття та їхню значущість для розв'язання проблем.

Але спочатку трохи історії. Проблеми інтенсифікації інтелектуальної праці, зокрема творчої, — генерування нових ідей із метою створення нових технологій — стали особливо гостри-

ми на початку ХХ століття. Тоді було здійснено спроби вивчити процеси мислення найталановитіших учених і винахідників, щоб виявити в цих процесах закономірності й сформувати систему навчання творчих здібностей. Результати цих досліджень і практичні спостереження за технологією генерування ідей та особливостями мислення особистості привели до створення цілої низки широковідомих методів, застосовуваних у технічній творчості. Ці методи можна умовно поділити на дві групи:

- 1) **методи спроб і помилок (методи випадкового пошуку) та психологічної активізації творчих процесів** (мозковий штурм, синектика, конференція ідей, метод фокальних об'єктів тощо);
- 2) **методи систематизації перебору варіантів** (практично всі методи цієї групи використовують принцип морфологічного аналізу як основу).

Наприкінці 1940-х років аналізом процесу генерування ідей почав займатися **Г. С. Альтшуллер**. Після нетривалих безрезультатних спроб виявити технологію мислення винахідників він звернувся до продукту винахідницької діяльності — авторських свідоцтв і патентів, які складаються за схемою з чотирьох пунктів: існує (1) якийсь об'єкт, який (2) має, на думку винахідника, певний недолік, тому, з метою (3) усунення цього недоліку, зроблено (4) зміну в його конструкції.

Вивчення в патентному фонді (у цій бібліотеці зібрано й систематизовано описи всіх винахідників світу) історії розвитку об'єктів, створених людиною для задоволення власних потреб, і причин їх зміни дозволило Г. С. Альтшуллерові зробити несподівані й основоположні для всієї методології творчості висновки, що стали базою для створення ТРВЗ — теорії розв'язування винахідницьких завдань. Проведемо аналогічне дослідження (у ТРВЗ його називають генетичним аналізом) і на прикладі розвитку тільки однієї системи (а Г. С. Альтшуллер проаналізував

майже сорок тисяч патентів!) спробуємо виявити деякі загальні закономірності розвитку систем.

Як ми вже знаємо, об'єкти та явища, що нас оточують, за способом виникнення, існування та зміни можна поділити на дві групи: *природні*, тобто натуральні, й *штучні*. До перших зараховують гори, річки, хмари, дощ, сніг, рослинний і тваринний світ та багато інших об'єктів і явищ, *створених* природою без участі людини.

Штучними вважають об'єкти та явища, створені працею людини. Уважний погляд на них показує, що немає «об'єктів-нероб»: ніж, віз, книжка, верстат, телефон, кінофільм — кожен із цих об'єктів створювали, коли в людини виникала чергова гостра потреба. Тому введемо поняття «*основна функція*» (ОФ) як дію, для втілення якої створено певний штучний об'єкт.

Об'єктом для проведення генетичного аналізу системи стане джерело місцевого освітлення. Потреба в такому джерелі виникла з метою продовження світлового дня й отримання можливості працювати в темну пору доби або в темній печері.

Функцію першого джерела місцевого освітлення виконувало багаття. Джерелом світлової енергії, що нас цікавить, було дерево, ця енергія створювалася в процесі хімічної реакції у формі горіння. Регулювання кількості світла здійснювали, змінюючи кількість дров та їх концентрацію у вогнищі.

Отже, щоб освітити певне місце, можна розпалити вогнище. Але з розвитком людського суспільства й зростанням його потреб недоліки такого джерела освітлення ставали дедалі очевиднішими: найперше, вогнище потребувало багато дров й освітлювало дуже невеликий простір.

Виникає проблема: якщо потрібно освітити якесь місце, то можна використати світло вогнища, але його в цьому місці немає. Багаття тут доведеться розпалити спеціально, адже переносити

його практично неможливо. А якщо необхідно оглянути невелику печеру? Або пошукати щось у темному лісі? Розпалювати в кожному місці вогнище заради одного погляду немає сенсу. Джерело світла має бути рухомим. Звідси суперечність: вогнище слід переносити, щоб освітити потрібне місце, але його не можна переносити, тому що неможливо взяти вогонь у руки.

Узяти й перенести можливо частину вогнища — одну запалену гілку. Проте одна гілка без «компанії» погано горить і швидко гасне. Нова проблема: якщо використовувати як джерело світла одну гілку, то її можна переносити, але вона швидко гасне. І з'явилася нова суперечність: одна гілка мусить горіти, щоб її можна було переносити, але одна гілка горіти не може.

А втім, може, якщо вона тонка й суха — лучина. Однак лучина, хоч і дає багато яскравого світла, швидко згоряє. Щоб лучина горіла довго, вона має бути довгою. Але тоді разом зі згорянням лучини вогонь переміщуватиметься, наприклад, згори вниз, а він потрібен на одному місці, скажімо, над столом. Для цього доведеться весь час лучину піднімати... Створюється цікава ситуація: щойно ми намагаємося покращити щось одне, відразу ж погіршується що-небудь інше. Знову проблеми й суперечності...

А чому, власне, має горіти саме дерево? Горіти може щось інше: до прикладу, жир, який треба якось утримати на одному кінці гілки. А інший кінець можна взяти в руку й у такий спосіб переносити вогонь із місця на місце.

Порівняно з вогнищем факел — складніший пристрій. Він складається щонайменше з трьох частин: жиру, що є джерелом світлової енергії; якого-небудь «тримача», наприклад, бавовняної ганчірки, що просочена жиром і тому його утримує, і власне палиці-держака. Очевидно, що без якоїсь із цих частин факела не буде. Тому введемо поняття «система» як об'єднання різних елементів, призначене для виконання основної функції й таке,

що створює своїм об'єднанням нову властивість, якою не володіє жоден із елементів, що утворюють систему. Елементи, з яких складається система, називатимемо частинами системи, або підсистемами.

Однак сам факел можна розглядати як елемент значно більшої системи «Пристрої для освітлення» — надсистеми, куди, крім факела, ввійде тільки вогнище (інших ми поки ще не знаємо).

Виникає певна ієрархія систем, де кожний елемент, з одного боку, є системою, що складається з окремих елементів, а з іншого — елементом, що входить до іншої системи. Наприклад, елементи факела — жир, дерев'яна палиця й бавовняна ганчірка — є частинами систем «Тваринний світ» і «Рослинний світ».

Зазначимо також, що лінія «вогнище — гілка — лучина» вичерпала свої можливості: у факелі змінився принцип дії системи — закон природи, за допомогою якого реалізується основна функція. У ньому як джерелі світлової енергії замість дерева горять жир або нафта, що дають значно більшу кількість світла на одиницю ваги (схема 5.1).

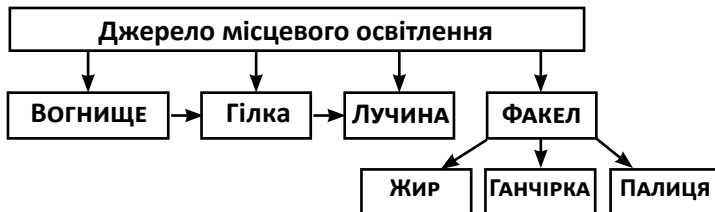


Схема 5.1. Розвиток джерела місцевого освітлення (а)

Робочу частину факела вдосконалили, й гілка-палиця стала держакон, виконуючи вже не основну, а допоміжну функцію. Унаслідок цього факел як джерело місцевого освітлення, хоч і став складнішим, виконує, з погляду користувача, свою основну функцію значно краще — ідеальніше, ніж вогнище. Відбувається це в результаті спеціалізації елементів (жир, ганчірка, палиця),

кожний із яких дібраний за принципом найкращого виконання своєї функції.

Продовжимо генетичний аналіз джерела місцевого освітлення. Факел може горіти на одному місці, наприклад, там, де працює ремісник. Тому бажано не тримати факел, а звільнити руку для роботи. У такій ситуації фактично необхідний не весь факел, а лише його верхня частина — світильник. Нова проблема: якщо факел горить на одному місці, то його можна не тримати в руці, але тоді слід якось закріпити. І нова суперечність: світильник потрібно тримати, щоб він горів у певному місці, і не потрібно тримати, щоб не залучати руки. Довгий держак виявляється зайвим. Його можна замінити підставкою, щоб ставити світильник на стіл, або яким-небудь гачком, щоб кріпити світильник на стіні. Система знову змінюється, щоб виконувати свою функцію краще для користувача. Можна змінити спосіб утримання жиру й продовжити час горіння світильника: покласти ганчірку в якусь посудину.

У першому випадку змінився принцип дії системи: замість дерева горить жир, тобто змінився основний елемент — джерело енергії. У наступних змінах удосконалювалися інші елементи системи — допоміжні, а принцип дії залишався тим самим (схема 5.2).

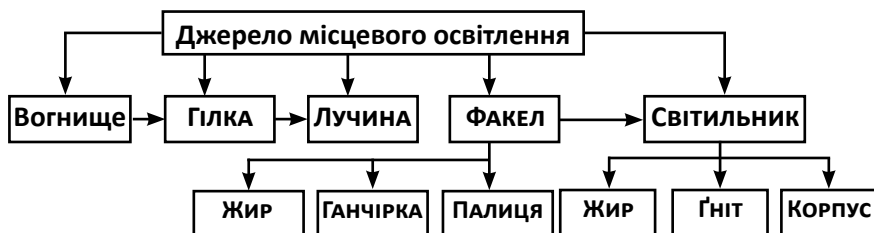


Схема 5.2. Розвиток джерела місцевого освітлення (б)

Такий детальний і багатоплановий аналіз лише двох етапів розвитку системи дає можливість зробити кілька важливих висновків і, спираючись на них, надалі проводити аналіз більш стисло.

Найперше зазначимо, що *система змінювалася не сама собою, а тому, що користувач системи — людина — висував до неї нові функційні вимоги, що їх система у своєму наявному варіанті виконати не могла. Виникала проблема, в основі якої лежала суперечність*. І зміна системи відбувалася тільки тоді, коли цю суперечність долали.

Чітко видно й напрям зміни системи — у бік підвищення рівня її ідеальності з погляду користувача — споживача функції системи. Справді, «удосконалювати» жировий світильник «назад» до вогнища навряд чи хтось спроможеться. Отже, існують якісь об'єктивні закони розвитку систем, за якими реалізуються суб'єктивні вимоги споживача системи. (Далі буде показано: якщо суб'єктивні вимоги суперечать об'єктивним законам, розвиток системи заходить у глухий кут.)

Такими були перші висновки, зроблені Г.С. Альтшуллером наприкінці 1940-х років унаслідок аналізу патентного фонду. Вони стали основою для формування постулату ТРВЗ: *існують об'єктивні закони розвитку технічних систем, ці закони пізнавані й можуть бути використані для свідомого розвитку систем*.

Потім було сформульовано перший закон розвитку технічних систем: розвиток технічних систем відбувається в напрямі підвищення рівня їхньої ідеальності. І наслідок із першого закону: ідеальна та система, якої немає, але функція якої працює.

Постулат ТРВЗ, перший закон розвитку технічних систем і наслідок із нього вможливили створення першого «інструмента» для пошуку розв'язків винахідницьких завдань — під час їх розв'язування орієнтуватися на ідеальний кінцевий результат (ІКР). Ми вже використовували цей інструмент, коли ввели ідеальний — відсутній! — кран для підйому човна Робінзона: крана не було, а його функція працювала.

У наступних розділах, аналізуючи перебіг розв'язування завдань і роблячи на основі цих аналізів висновки, ми ще повернемося до законів розвитку технічних систем. А зараз чітко визначимо, чому з'являються штучні системи й **із якої причини** вони змінюються.

Причини появи й зміни систем можна визначити так: у процесі життєдіяльності та розвитку в людини виникає **нова потреба**. Щоб її задовольнити, потрібно створити штучну систему, що виконуватиме **певну функцію** й так задовольнятиме цю потребу. Щоб створити штучну систему, у неї варто закласти **принцип дії**: використовувати закони природи, що дозволять цій системі виконувати її основну функцію. Так виникає **конструкція**, дія якої задовольняє потребу. Але з часом потреби людини зростають, і вона починає висувати до наявної конструкції **нові, підвищені вимоги**, які та задовольнити вже не може. Виникає **суперечність між вимогами людини й можливостями конструкції**. Щоб розв'язати цю суперечність, варто змінити або елементи системи, або принцип дії. Система стає досконалішою: вона краще задовольняє потреби людини — користувача цієї системи.

Коли минає ще певний час, людина вже покращеній системі починає висувати нові більші вимоги — і знову виникають суперечності між її вимогами й можливостями системи. Ланцюжок повторюється...

А зараз продовжимо генетичний аналіз системи місцевого освітлення в швидшому темпі, але матимемо на увазі, що зроблені вище висновки про причини змін системи діють на кожному етапі цих змін.

Причиною вдосконалення олійного світильника став благоустрій помешкання, який зі свого боку зумовив створення свічки — короткої «лучини», що довго горить. Порівняно зі світильником свічка очевидно ідеальніша: у холодному стані

віск (пізніше — парафін чи стеарин) має тверду структуру, тому не розтікається й не потребує корпусу, легше зберігається, безпечніший у побуті тощо. Проте віск — речовина дорога, тому в будинках бідних людей ще довго горіла лампада — шматочок ґнота, що плаває в розтопленому жирі.

А якщо замість жиру налити в каганець гасу? Гас, точніше, його пари, чудово горить і дає яскраве світло — це саме те, що треба! Погано те, що полум'я нараз поширюється по всій поверхні каганця й гас швидко вигоряє. Тому слід розмежувати дві зони — місце горіння й місце зберігання. А як подавати гас із другої зони в першу? Досвід уже є: ганчірка на факелі, просочена жиром, обгоряє зовні, поступово «витягуючи» жир ізсередини — капілярний ефект. Зробимо ґніт із ганчірки й опустимо його в гас. Але полум'я збігає по ґноту вниз до каганця. Варто його зупинити чимось негорючим. Як у свічці. Так з'являється металева трубка, всередині якої міститься ґніт. Його нижній кінець плаває в гасі, а верхній горить.

Стало краще, й відразу ж з'явилася нова вимога: відкритий каганець із гасом небезпечний. Отже, використаємо замість відкритої посудини закриту. Проте гас потрібно періодично доливати — зробимо з трубки змінну кришку-головку, скажімо, на різьбі. Тепер поставимо регулятор і вдосконалимо подавання ґнота: він поступово згоряє і його слід витягувати з трубки. До того ж, від розміру витягнутого кінця ґнота залежить яскравість полум'я. Щоб убезпечити себе від відкритого полум'я й водночас позбутися кіптяви, поставимо скло. Але навіть освітлювати стелю? Одягнемо на скло відбивач — рефлектор — і спрямуємо потік світла на стіл (схема 5.3. стор. 72).

Далі можна вдосконалювати низку дрібних деталей, але загалом можливості газової лампи на цьому виявилися вичерпаними. Її ідеальність щодо попередніх джерел світла значно вища, що видно з такого:

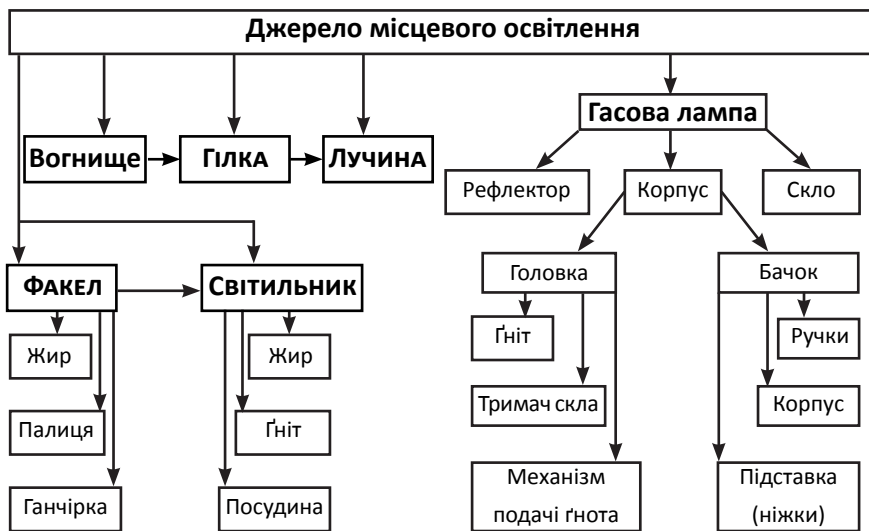


Схема 5.3. Розвиток джерела місцевого освітлення (в)

- можливість отримати значно яскравіше й чистіше джерело світла — за спектром і без кіптяви;
- можливість простого регулювання кількості світла;
- більша безпека: відкрите полум'я прикрите склом, а джерело енергії — газ — щільно закрите.

Яку ж ціну заплатило людство за підвищення цього рівня ідеальності?

Щоб отримати газ, необхідно розвідати поклади нафти, а для цього має існувати така наука, як геологія. Щоб видобути нафту з надр землі, слід пробурити свердловини: для цього довелося створити нафтодобувну галузь промисловості. Щоб переробити її на заводі — нафтохімічну. Але виконати всі ці роботи можна тільки за наявності розвинутої металургійної та металообробної галузей. Вони потрібні, щоб виготовити лампу: прокатати тонкий металевий лист, розрізати його на шматки, з'єднати в герметичний корпус, виготовити інші деталі... Аби отримати дешево, тонке

й міцне скло, знадобляться хімічна й склообробна галузі з власними спеціальними машинами. А виготовлення машин потребує розвиненої енергетики, транспорту, приладів для вимірювання й контролю... Усі ці галузі — надсистеми для різних частин газової лампи. Так утворюється *надскладна ієрархічна мережа горизонтальних і вертикальних взаємозв'язків між різними галузями виробництва, облік та аналіз яких становить сутність системного підходу*.

Отже, із закону підвищення рівня ідеальності систем випливає ще один наслідок: підвищення цього рівня відбувається завдяки ускладненню надсистеми. Інакше кажучи, спрощуючи своє життя з метою отримання максимальної кількості вільного часу й задоволення постійно зростальних матеріальних і духовних потреб, людство все більше й більше ускладнює виробництво. Це і є науково-технічний прогрес. Або, якщо врахувати його темпи й наслідки останнім часом, науково-технічна революція...

А як же газова лампа? Деякий час із нею намагалося конкурувати газове освітлення, але через складність і підвищену небезпеку воно не набуло великого поширення. А потім її світло згасло поряд зі свічкою Яблочкова, а ще через декілька років — із лампами розжарювання Лодигіна й Едісона.

Електрична лампа, за її найвищої ідеальності порівняно з газовою лампою, не кажучи вже про лампаду й факел, теж досить швидко стала об'єктом критики. Передусім підраховали, що її коефіцієнт корисної дії (ККД) становить лише кілька відсотків, а решта енергії витрачається на нагрівання нитки розжарювання. І другий основний недолік: спектральний склад випромінюваного світлового потоку істотно відрізняється від складу спектра природного сонячного освітлення, що шкідливо впливає на зір людини.

Другий недолік певною мірою усунуто: додавання деяких газів усередину колби лампи дозволило отримати спектр

випромінювання, наближений до сонячного. А ось підвищити ККД лампи розжарювання практично не вдається, оскільки отримати яскраве світло можна тільки від дуже нагрітої нитки — це *принцип дії* лампи розжарювання.

Знову на деякий час перервемо генетичний аналіз і розглянемо лампу як систему. Основна функція цієї системи — створювати світловий потік. Таку функцію виконує нитка розжарювання — робочий орган системи. Щоб робочий орган зміг реалізувати свою функцію, необхідне джерело енергії — електростанція чи акумулятор. Енергія повинна надходити до робочого органа — отже, потрібна трансмісія. І подаванням тепла необхідно керувати — має бути орган управління, наприклад, вимикач.

Ці *чотири елементи* — *робочий орган, джерело енергії, трансмісія й орган управління* — визначають мінімальний склад будь-якої автономної технічної системи. Усі ці елементи були й у вогнищі, й у газовій лампі, але в менш очевидному вигляді. Так, робочим органом у лампі було полум'я, джерелом енергії — газ, трансмісією — капіляри ґнота, по яких газ надходив із каганця в зону горіння, а органом управління — механізм, що переміщає ґніт угору або вниз.

Виконуючи, по суті, одну й ту саму функцію, газова лампа й лампа розжарювання відрізняються одна від одної всіма елементами. Корінь відмінності — у принципі дії.

Принцип дії реалізує *ідею* потреби, забезпечуючи системі можливість функціонувати за допомогою відповідного робочого органа — первинного елемента будь-якої системи. І вже під робочий орган добирають інші елементи системи.

А як можна знайти потрібний принцип дії? Тільки знаючи закони природи. Так, *формування нової системи відбувається внаслідок такого ланцюжка: потреба людини (суспільства) → виникнення ідеї → пошук відповідних знань → визначен-*

ня принципу дії системи → вибір робочого органа → відбір інших елементів системи. Система буде працездатною, якщо усі чотири органи системи будуть мінімально працездатними. А от підвищення працездатності — функційності — системи відбувається завдяки вдосконаленню всіх її органів.

Таке вдосконалення, до речі, відбувається нерівномірно: то один, то інший орган «виринається» вперед і змушує «підтягуватися» інших. Але настає період, коли з резервів усіх елементів системи витиснуто все можливе, й далі вдосконалювати нічого й нікуди — система вичерпала свої можливості. Така система або вмирає (гусяче перо як засіб для письма, факел), або зупиняється у своєму розвитку (олівець, лампа розжарювання), або її робочий орган входить у нову систему (грифель олівця — у цанговий олівець).

Ще один напрям розвитку системи — збільшення кількості виконуваних нею функцій, крім основної. Це чітко видно, наприклад, у розвитку мобільного телефона.

Якщо ми продовжимо генетичний аналіз системи місцевого освітлення, що перервали на лампі розжарювання, то побачимо лампу денного світла, яка працює за принципом дугового розряду. У неї значно вищий ККД — до 20 %, значно кращий спектральний склад світлового потоку. Однак з'являються свої недоліки: наприклад, миготіння, що досить шкідливе для зору. Щоб усунути ці недоліки, розробляють нові джерела світла, наприклад, енергозбережні діодні лампи, — наука у своєму розвитку не може зупинитися. З'явилося повідомлення й про «вічну» лампу: вона заповнена газом і нікуди не під'єднується, але поряд установлюють спеціальний високочастотний генератор. Під дією високої частоти молекули газу збуджуються й випромінюють світло...

Історію розвитку системи місцевого освітлення, як і будь-якої іншої системи, можна подати у вигляді схеми, що складається

з довгого ланцюжка змінюваних одна одну систем, із різними принципами дії, підсистемами, надсистемами й зв'язками між ними. Така схема має назву «Системний оператор», адже дає змогу орієнтуватися в усій генетиці системи, або «Схема багатоекранного мислення» — через необхідність під час роботи з самою системою швидко уявити собі всю цю структуру (схема 5.4).

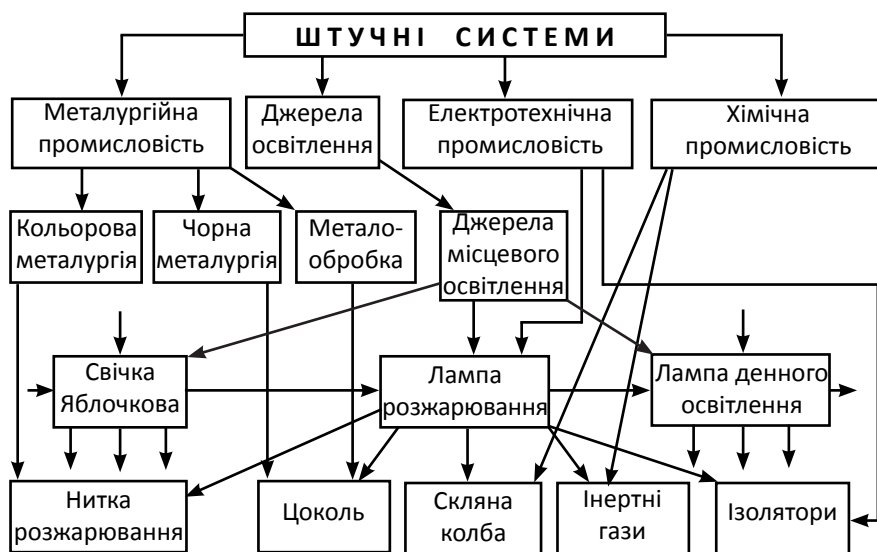


Схема 5.4. Багатоекранне мислення
щодо розвитку джерела місцевого освітлення (фрагмент)

І що більше «екранчиків» ви зможете побачити, то більше зв'язків установите й урахуєте, відповідно, то легше вам буде сприйняти виявлені в процесі генетичного аналізу **загальні закони розвитку технічних систем**:

1. Розвиток будь-якої технічної системи відбувається в напрямі підвищення рівня її ідеальності.

Наслідки:

1.1. *Технічна система ідеальна, якщо її немає, а функції системи працюють.*

1.2. Підвищення рівня ідеальності системи відбувається завдяки ускладненню надсистем і/або збільшенню кількості виконуваних функцій.

2. Розвиток частин системи відбувається нерівномірно — через виникнення й подолання суперечностей.

3. Вичерпавши можливості свого розвитку, технічна система або вироджується, або консервується на певному рівні, або ж її робочий орган стає підсистемою нової системи.

Крім загальних законів, що становлять, так би мовити, ідеологію ТРВЗ, її основну суть, є ще закони синтезу системи й закони розвитку системи. Їх детально розглянемо в наступних розділах, хоча окремі засади ми вже зачепили під час генетичного аналізу, до якого ще не раз повертатимемося.

Під час генетичного аналізу штучних об'єктів їх досить часто порівнюють з об'єктами живої природи, кожен із яких теж досяг дуже високого рівня розвитку й по-своєму досконалий. Принципова різниця між ними полягає в тому, що еволюція об'єктів живої природи — від найпростішої амеби до найскладніших білкових організмів — відбувалася в природних умовах їхньої взаємодії із зовнішнім середовищем як боротьба за виживання. І кожен етап цього вдосконалення — це теж розв'язання суперечності, але тієї, що виникла, до прикладу, через різку зміну температури або зникнення виду, що слугував традиційною їжею.

Зміна ж штучних об'єктів відбувається тільки у зв'язку зі збільшенням потреб самої людини. Одна з таких потреб, суто соціальна, — прагнення вирізнитися серед оточення, виявити власну індивідуальність — може бути реалізована через систему умовних цінностей. Такою системою цінностей сучасне суспільство найчастіше вважає кількість і якість належних певній людині речей. Звідси — нестримна гонитва за все новими й новими речами, щоб якось вирізнитися в натовпі, звідси — той

глухий кут, у якому все гостріше починає відчувати себе сучасне суспільство споживацтва. Адже *суспільство — це теж штучна система, і його розвиток підкорюється тим самим об'єктивним законам...*

Розділ 6

Від системного аналізу проблеми — до пошуку її розв'язку:

На прикладах пошуку розв'язків
чотирьох винахідницьких завдань уведено
й детально проаналізовано основні елементи алгоритму:
небажаний ефект, що виникає в разі спроби змінити наявну систему,
формулювання винахідницького завдання, ідеальний засіб усунення,
оперативна зона й оперативний час,
технічна й фізична суперечність,
ідеальний кінцевий результат.
Показано, що логіка й схема побудови (структура) алгоритму
відповідають послідовності мисленнєвих операцій,
які виконують під час пошуку розв'язку
складної проблемної ситуації,
і в такий спосіб сприяють формуванню системного мислення.

ЕТАПИ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ

«Наше найвище завдання — перебудувати мислення»
Г.С. Альтшуллер сформулював ще наприкінці 1970-х років, визна-
чивши водночас досить чітко значення алгоритму розв'язування
винахідницьких завдань (АРВЗ) під час пошуку розв'язку про-
блем: «Розв'язання завдання з АРВЗ — це творчість у будь-якому
розумінні. Організована творчість — це найголовніше» (Первый
семинар для разработчиков ТРИЗ, 1997).

Перебудовою мислення Г. С. Альтшуллер розумів заміну хаотичного пошуку ідеї розв'язку (коли «думки метушаться») такою організованою послідовністю виконання мисленнєвих операцій, за якої кожен крок думки обґрунтований і логічно впливає з попередніх кроків. Як же можна виробити навички технології «Як думати»?

Щоб набути навички будь-якої професії, потрібні тривалі тренування з комплексом спеціальних вправ. Тільки тоді з'являється автоматизм під час виконання необхідних операцій. Виходячи з цього, нам необхідний такий комплекс вправ, у кожній із яких є проблемна ситуація (лише під час її розв'язування працює мислення), й алгоритм, що дозволить перетворити проблему на завдання та знайти ідею його розв'язку. Однак алгоритм не замінює мислення: він лише показує напрям — «куди думати».

Згадаймо *вимоги* до такого *алгоритму*:

- усвідомленість мисленнєвих операцій і керованість ними;
- отримання результату на рівні ідеального (для певної проблемної ситуації);
- лаконічність (чіткість і економічність структури алгоритму);
- повторюваність результату за умови дотримання алгоритму;
- універсальність (застосовуваність для аналізу й пошуку розв'язку будь-яких проблем).

Для комплексу вправ краще використовувати так звані винахідницькі завдання — реальні технічні проблеми, що виникали під час створення або вдосконалення різних машин і механізмів. І нехай нікого не збивають означення «винахідницькі» й «технічні»: перше свідчить тільки про оригінальність проблеми та необхідність особливого підходу до її розв'язку. А «технічні» знання, що потрібні для пошуку розв'язку, — на рівні 8–9-го класів загальноосвітньої школи (а частіше й нижчому). Головне,

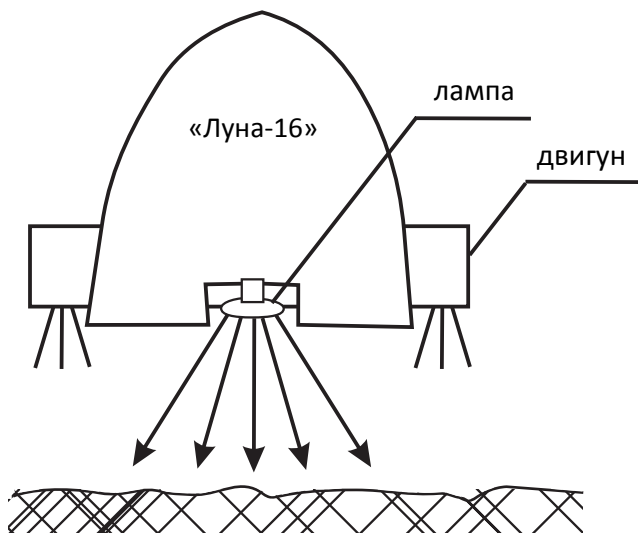
що знадобиться під час пошуку розв'язку, — це чітка логічна послідовність виконання всіх мисленневих операцій із «перемелювання» завдання. А щоб ви сприймали алгоритм не як нав'язану згори інструкцію, яку чомусь варто дотримуватись, а усвідомлено, щоб вона стала власною, рідною й близькою, сформулюйте її самі під час аналізу й пошуку розв'язку чотирьох проблем.

ОСНОВНА ФУНКЦІЯ ТА ІДЕАЛЬНИЙ КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Проблема 1. Лампа Бабакіна

Процес м'якої посадки ракети відбувається так: щоб ракета стала на «ноги», розміщені здебільшого у хвостовій частині, перед посадкою її розвертають хвостовою частиною до посадкової поверхні (малюнок 6.1). Потім умикаються гальмівні двигуни, що забезпечують гальмування й плавний спуск ракети.

Під час проектування на початку 1970-х років першого у світі посадкового комплексу «Луна-16» для м'якої посадки на Місяць



Малюнок 6.1

у його хвостовий відділ встановили потужну лампу, щоб освітити поверхню Місяця під «ногами» станції. Лампи розжарювання складаються з трьох основних частин: нитки розжарювання, скляної колби для збереження вакууму, де міститься нитка¹⁴, й цоколя — металевої частини, що з'єднує лампу з джерелом електроенергії й місцем її встановлення. Посадковий комплекс спроектували, розрахували, виготовили, почали випробовувати **на стенді**. У режимі «Посадка» ввімкнули лампу. Вона загорілася, але через деякий час задиміла, потьмяніла й перегоріла.

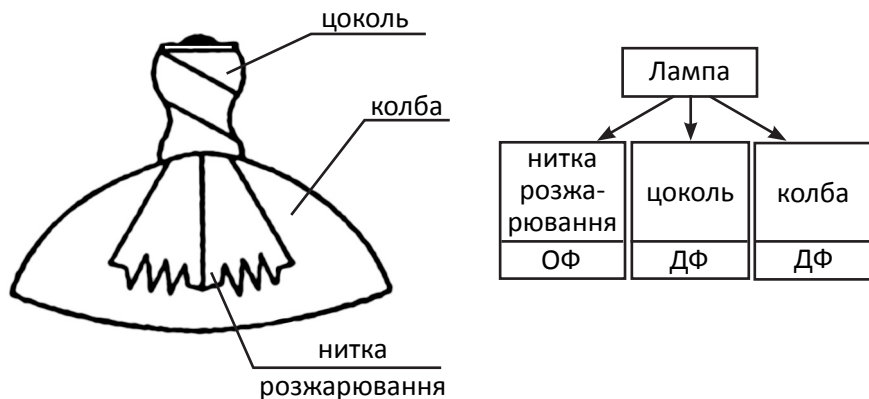
Випробовування зупинили. Під час дослідження з'ясували, що в місці з'єднання скляної колби з цоколем у склі утворюються мікротріщини. Знайшли й причину утворення мікротріщин — вібрації, яку створюють під час роботи гальмівні двигуни. Через тріщини проникає повітря, нитка розжарювання окислюється й перегоряє. Що вдіяти? Працівники відділу, відповідального за виготовлення лампи, випробували безліч варіантів, але...

Під час розв'язання цього завдання методом мозкового штурму здебільшого помітні такі напрями пошуку розв'язку:

1. Усунути дію вібрації на лампу. З цією метою пропонували різні види підвісок, пружин, амортизаторів, гнучких складів, що гасять вібрацію, аж до винесення лампи з комплексу й освітлення місця посадки якимось іншим способом (наприклад, іншим супутником).
2. Змінити конструкцію лампи. Характер цих пропозицій зводився до заміни лампи розжарювання дуговою лампою на кшталт прожектора, зміни способу кріплення лампи (без цоколя) до корпусу станції, посилення тієї частини колби, що тріскається, тощо.

¹⁴ Довідка: на відкритому повітрі розжарена до робочої температури (3 000°C) вольфрамова нитка лампи активно з'єднується з киснем повітря, швидко окислюється й тому перегоряє.

Розглянемо лампу як систему, основна функція якої — освітлювати місце посадки. Лампа, як ми визначили вище, складається з трьох основних елементів-підсистем: нитки розжарювання, цоколя й колби (малюнок 6.2). Основну функцію (ОФ) системи виконує підсистема «Нитка розжарювання», створюючи світловий потік у розжареному стані. Цоколь і колба виконують допоміжні функції (ДФ): цоколь тримає всю лампу в корпусі станції та під'єднує її до джерела струму, а колба забезпечує вакуум, запобігаючи взаємодії розжареної нитки з киснем повітря.



Малюнок 6.2

Якщо згадати, що лампа, хоч її й проєктували на Землі, має працювати на Місяці, де практично немає кисню й досить свого вакууму, то відразу виникає питання: «А навіщо на Місяці колба?». Саме таке рішення запропонував головний конструктор комплексу «Луна-16» Г. М. Бабакін, щойно ознайомившись із проблемою.

Зосередимося на інструментарії, що дав можливість діяти такого розв'язку.

Найперше було проведено структурний аналіз системи, призначеної для виконання конкретної основної функції, визначено її склад (підсистеми) й функції кожного елемента. Потім ці функції було перенесено в те середовище, де повинна працювати

вся система. Лише цього аналізу виявилось досить, щоб знайти ідеальне рішення: уся система залишається без змін, а шкідлива якість зникає. Назвемо завдання, де можна реалізувати такий розв'язок, мінімальним, тобто мінізавданням.

Зробимо перші висновки:

- аналізуючи ситуацію, варто чітко визначити основну функцію системи, її склад та елементи, що забезпечують виконання основної функції;
- для отримання ідеального рішення слід прагнути усувати елементи, що виконують допоміжну функцію.

Представимо перший інструментальний ланцюжок дій під час пошуку розв'язку проблемної ситуації: формулювання основної функції (ОФ) → визначення складу системи й функцій окремих елементів → формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР).

Коротко цю схему можна записати так:

ОФ → склад системи → ІКР.

Перевіримо, чи можна використовувати цей ланцюжок мисленнєвих операцій для усунення інших проблем.

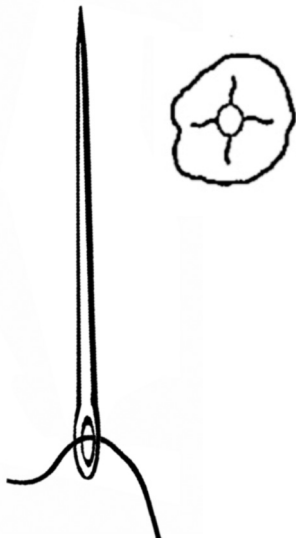
ФІЗИЧНА СУПЕРЕЧНІСТЬ

Проблема 2. Голка для хірургічних операцій

Після хірургічної операції розрізані тканини зшивають ниткою. У вушку голки нитку складають удвоє, й це потовщення розриває тканини, особливо тонкі¹⁵ (малюнок 6.3. стор. 83). Донедавна на ці розриви не звертали уваги, оскільки процес загоєння основного шва відбувався доволі довго. Але останнім часом, у зв'язку з успіхами медицини й фармакології, ці розриви тканин почали затримувати процес одужання. Що вдіяти?

Найкраща з ідей, яку пропонують під час розв'язування завдання мозковим штурмом, — з'єднувати нитку з гол-

¹⁵ Змодельовати цю ситуацію можна, якщо зшивати тонкою голкою плівкові (неткані) матеріали, наприклад, штучну шкіру.



Малюнок 6.3

кою «в торець». Рішення гарне, проте технологічно складне.

Проаналізуємо ситуацію. Основна функція системи «Голка з ниткою», для виконання якої цю систему було створено, — з'єднувати розрізані тканини. Однак у процесі виконання основної функції, як ми вже зазначили, виникає небажаний ефект: складена вдвоє нитка у вушку голки утворює потовщення, що призводить до розривів з'єднаних тканин. Причина потовщення — необхідність поєднати голку з ниткою.

Тут важливо звернути увагу на ще один момент: це потовщення було завжди, проте на нього не зважали, оскільки

процес одужання хворого залежав від інших чинників. Але віднедавна до цього з'єднання почали висувати нові, підвищені вимоги — і виник небажаний ефект. Звичайно, потовщення можна усунути, якщо не з'єднувати нитки з голкою — тоді тканини не розриватимуться, але й голка з ниткою не будуть поєднані в систему й не зможуть виконувати свою основну функцію.

Отже, між основною функцією цієї системи (з'єднувати тканини) й небажаним ефектом (утворення розривів) існує чіткий причиново-наслідковий зв'язок: ЯКЩО ми хочемо зшивати тканини, ТО мусимо поєднати нитку з голкою, АЛЕ тоді утворюються розриви.

І навпаки: ЯКЩО ми хочемо запобігти утворенню розривів, ТО не маємо поєднувати нитку з голкою, АЛЕ тоді не зможемо зшити розрізані тканини.

Звідси випливає, що спроба забезпечити виконання основної функції за допомогою певного принципу дії системи призводить

до появи відповідного небажаного ефекту. А спроба усунути ефект, що виник, призводить до появи нового небажаного ефекту, зокрема до неможливості виконувати основну функцію.

Виникає суперечність: нитка має бути поєднана з голкою у вушку, щоб зшивати розрізані тканини (виконувати основну функцію), і не має бути поєднана, щоб не виникав небажаний ефект (потовщення у вушку, що призводить до розриву тканин). Інакше кажучи, поєднання повинне бути — і не повинне бути.

Суперечність, за якої до одного стану, властивості або параметра системи ставлять протилежні фізичні вимоги, називають фізичною суперечністю (ФСп).

Визначимо умови, за яких можна усунути фізичну суперечність. Очевидно, що в ідеалі голка, нитка й місце їх з'єднання мусять мати однаковий діаметр. Однаковий діаметр вийде, якщо голку з ниткою «зістикувати» — забезпечити поєднання «в торець», але робити таке поєднання в операційних умовах досить складно.

З'ясуємо функції кожного елемента цієї системи.

Основну функцію — «з'єднати тканини» — виконує нитка, що, до речі, коштує значно дешевше, ніж голка. Голка ж виконує дві допоміжні функції: проколює отвір і протягує в нього нитку. Чи не можна прибрати елемент із допоміжними функціями? Можна, якщо ці функції «за сумісництвом» виконуватиме елемент, за яким закріплена основна функція.

Що ж для цього необхідно зробити? Щоб *нитка* могла виконувати функції голки, вона, поза сумнівом, *повинна* володіти й властивостями голки, тобто *бути гострою й твердою*. А щоб зберегти можливість виконувати свою основну функцію — зшивати, — нитка *мусить бути гнучкою й еластичною*. До того ж у цьому випадку — водночас це — нова *фізична суперечність*.

Її можна розв'язати, якщо взяти до уваги, що якості голки повинна мати не вся нитка, а тільки її частина — кінчик. Як це

зробити? Звернулися до спеціалістів-хіміків. Вони запропонували спеціальний розчин: нитка, просочена таким розчином, стає твердою. Залишалося загострити її кінчик.

Зробимо чергові висновки. Визначати основну функцію системи, її склад і функції елементів потрібно, але цього замало: *у разі спроби усунути один небажаний ефект виникає інший, між ними існує причиново-наслідковий зв'язок*, і якщо продовжувати прагнути до ідеального кінцевого результату, виникає фізична суперечність.

Інструментальний ланцюжок мисленнєвих операцій під час аналізу й пошуку розв'язку проблемної ситуації доповнено: формулювання основної функції (ОФ) → визначення складу системи й функцій окремих елементів → виявлення причиново-наслідкового зв'язку (Якщо — То — Але) у двох варіантах → виявлення фізичної суперечності (ФСп) → формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР).

Запишемо його коротко:

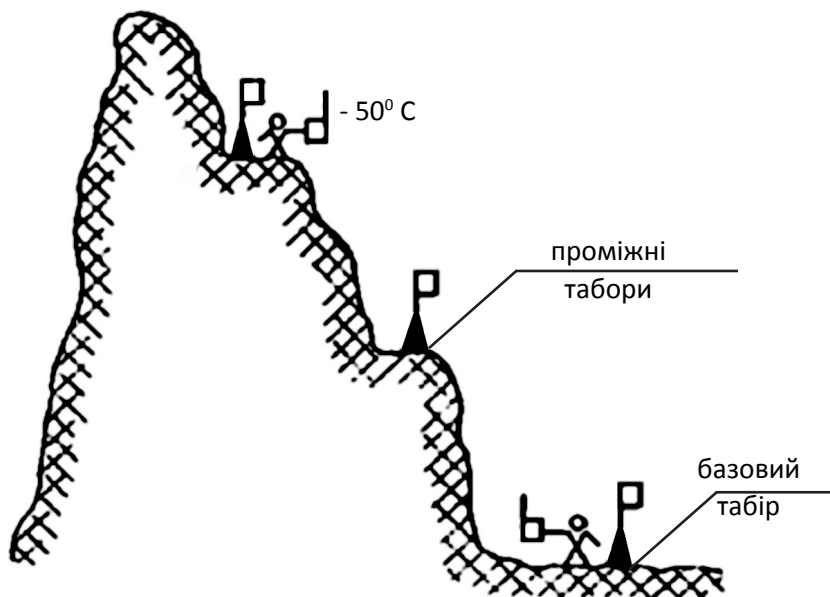
ОФ → склад системи → Якщо → То → Але → ФСп → ІКР.

ТЕХНІЧНА СУПЕРЕЧНІСТЬ ТА ВИНАХІДНИЦЬКЕ ЗАВДАННЯ

Проблема 3. Радіостанція для альпіністів

Під час сходження на високі вершини альпіністи для зв'язку з базовим табором використовують радіостанції з фіксованими частотами, що працюють на напівпровідникових пристроях (малюнок 6.4. стор. 88). Але високо в горах за температури нижче -50°C напівпровідники охолоджуються, і їхні фізичні властивості змінюються. Це призводить до зміни частоти, на якій вони мають працювати, тож зв'язок із табором порушується. Щоб радіостанція не замерзала, її головну частину (генератор частоти) запропонували помістити в термостат — посудину на кшталт термоса з підігрівом, а назовні вивести антену, мікрофон і динамік. Проте

виявилося, що термостат важитиме щонайменше втричі більше, ніж сама радіостанція, та ще й потрібен потужний акумулятор як джерело живлення, — а це знову зайва вага, носити її в горах дуже важко. Що вдіяти?



Малюнок 6.4

Проаналізуємо ситуацію: чому виникла проблема? Основна функція, що її має виконувати система в складі радіостанції, базового табору знизу й альпініста згори, — забезпечити стійкий радіозв'язок між базовим табором та альпіністом. Радіостанція була спроектована для роботи в нормальних кліматичних умовах — за середніх температур, — і вона добре виконувала свою основну функцію. Використовуючи радіостанцію на сходженнях у горах за низьких температур, альпіністи поставили до неї значно жорсткіші вимоги, і радіостанція працювати не змогла. Так виник перший небажаний ефект (НЕ₁). Щоб його усунути, запропонува-

ли використовувати засіб усунення (ЗУ) — термостат. Він справді забезпечує стійкий радіозв'язок, але багато важить, що створює новий небажаний ефект (HE_2).

Сформулюємо причиново-наслідкові зв'язки в їхніх протилежних станах:

1. ЯКЩО використовувати термостат (ЗУ), ТО порушень зв'язку не буде (HE_1 усувається), АЛЕ з'являється зайва вага (HE_2).

Схематично це можна записати так:

$$ЗУ \rightarrow \overline{HE_1} \rightarrow HE_2.$$

(Лінія над позначенням указує на його заперечення, тобто на протилежне значення.)

2. ЯКЩО ж термостата не використовувати (ЗУ не вводити), ТО зайва вага не з'являється (HE_2 не виникає), АЛЕ зберігається порушення радіозв'язку (HE_1).

Схематично це можна записати так:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} \rightarrow HE_1.$$

*Властивість зв'язку між двома взаємодійними об'єктами, коли зміна одного об'єкта, або його частини, або його параметра в потрібний для нас, споживачів, бік спричиняє неприпустиму для нас, споживачів, зміну іншого об'єкта, або його частини, або його параметра, називають **технічною суперечністю** (ТСп).*

Отже, між можливістю мати стійкий радіозв'язок і необхідністю тягати зайву вагу існує пряма залежність, і без жодних можливих компромісів: або зв'язок і зайва вага, або ні зайвої ваги, ні зв'язку.

Щоб сформулювати винахідницьке завдання, застосуємо спосіб, що ми його вже використовували в завданні про човен Робінзона: введемо в систему ідеальний — відсутній — термостат. Він нічого не важить, не споживає жодної енергії (оскільки він відсутній!), але вправно виконує свою функцію — зігріває радіостанцію.

Тоді визначення винахідницького завдання схематично може виглядати так:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{НЕ_2} \rightarrow \overline{НЕ_1}.$$

Тобто, не вводячи засобу усунення ($\overline{ЗУ}$) й у такий спосіб не створюючи нового небажаного ефекту ($\overline{НЕ_2}$), слід усунути наявний небажаний ефект ($\overline{НЕ_1}$).

Наше конкретне завдання може бути визначене так: не використовуючи термостата й зберігаючи тим самим здатність відсутнього термостата не створювати зайвої ваги, забезпечити незамерзання радіостанції.

З формулювання винахідницького завдання й технічної суперечності природно випливає *фізична суперечність*: термостат повинен бути, щоб радіостанція не замерзала й був забезпечений стабільний зв'язок (основна функція системи), і термостата бути не повинно, щоб не доводилося носити зайву вагу (щоб не виникав $НЕ_2$).

Функцію ідеального крана в завданні про човен Робінзона виконувала сама система. Бажано, щоб функцію ідеального термостата, як і будь-якого ідеального елемента, теж виконувала сама система, адже термостат виконує допоміжну функцію. А досвід розв'язування попередніх завдань підказує, що таких елементів варто позбуватися. Тому ідеальний розв'язок такий: система сама забезпечує обігрівання радіостанції.

Проаналізуємо **склад системи**: коли та за яких умов здійснюється радіозв'язок. Очевидно, тільки тоді, коли радіостанція в горах разом з альпіністом, який сам є гарним джерелом тепла. Тому функцію термостата — підігрівати — можна передати альпіністові. Було запропоновано ту частину радіостанції, що боїться морозу, — генератор частоти, — класти до нагрудної кишені комбінезона, а назовні, як і пропонували, вивести тільки мікрофон, динамік та антену.

Зробимо чергові висновки. Інструментальний ланцюжок дій під час пошуку розв'язку проблемної ситуації доповнено новими кроками: формулювання основної функції (ОФ) → визначення складу системи й функцій окремих елементів → формулювання технічної суперечності (ТСп) у двох варіантах (виявлення небажаного ефекту (HE_1) → введення засобу усунення (ЗУ) → поява нового небажаного ефекту (HE_2)) → формулювання винахідницького завдання (ВЗ) → формулювання фізичної суперечності (ФСп) → формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР).

Коротко запишемо нову схему:

ОФ → склад системи → ТСп (HE_1 → ЗУ → HE_2) → ВЗ → ФСп → ІКР.

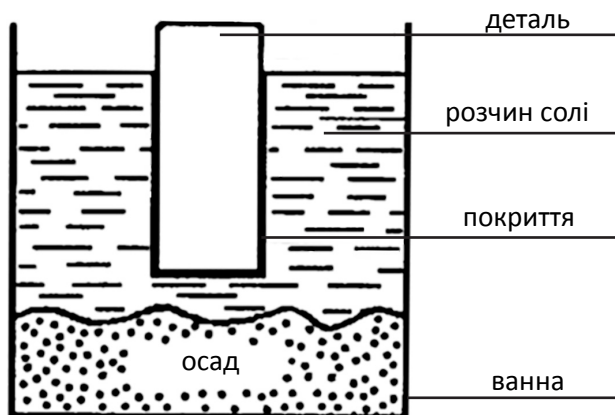
ОПЕРАТИВНА ЗОНА ТА ОПЕРАТИВНИЙ ЧАС

Проблема 4. Про температуру хімічного розчину

На металеві поверхні зазвичай наносять захисні й декоративні покриття за допомогою одного відомого способу: металевий виріб кладуть у ванну, наповнену водним розчином солі металу, що має стати покриттям (нікель, кобальт, паладій, мідь, золото). Починається відновлювальна реакція, і на поверхню виробу осідає метал із розчину солі (малюнок 6.5. стор. 92).

Процес відбувається то швидше, що вищою є температура розчину. Але з підвищенням температури сіль у розчині починає перекристалізовуватися, припиняє розчинятися у воді й випадає в осад. Розчин швидко втрачає свої робочі властивості, якість покриття погіршується, тому розчин доводиться часто міняти. За високої температури, що забезпечує потрібну виробництву швидкість процесу, до 75 % хімікатів іде у відходи, що дуже здорожчує процес.

Намагалися застосувати спеціальні добавки-стабілізатори, однак вони підвищили стійкість солі до перекристалізації лише незначною мірою. Що вдіяти?



Малюнок 6.5

Досвід розв’язування попередніх завдань рекомендує починати аналіз ситуації з визначення основної функції системи та її складу.

Як основну функцію системи зазвичай розглядають просто покриття деталі, випускаючи з уваги те, що з метою пришвидшити власне процес покриття розчин нагрівають. Виробників цікавить швидкий процес, і саме максимально корисну для нас дію, за рекомендацією Г. С. Альтшуллера, слід із самого початку розглядати як основну функцію системи, прагнучи її досягти. У такий спосіб в алгоритм закладають потужний психологічний алгоритм, що вже з моменту формулювання завдання орієнтує нас на досягнення максимально ефективного результату!

Отже, *основна функція (ОФ) системи — швидке нанесення покриття на поверхню деталі способом її занурення в гарячий розчин солі.*

Склад системи: ванна, гарячий розчин солі й деталь. Однак виконання основної функції (ОФ) — швидке нанесення покриття (за високої температури!) — і створює *небажаний ефект* (HE_1) — випадання осаду. До того ж, що вища температура, то швидше відбувається перекристалізація солі й випадання її в

осад. Оскільки додатки-стабілізатори ефекту не дають, запобігти випаданню осаду (ввести *засіб усунення (ЗУ)*) можна тільки через зниження температури розчину. Але тоді виникає *новий небажаний ефект (НЕ₂)*: відповідно знижується й швидкість процесу покриття, тобто продуктивність праці, що неприпустимо за умовами основної функції (ОФ) системи.

У реальних умовах у таких ситуаціях найчастіше вдаються до компромісу: добирають найбільш економний режим — таку температуру й таку швидкість процесу, що не спричиняють великих витрат розчину. ТРВЗ потребує збереження режиму, за якого *основна функція виконуватиметься якнайкраще*, а небажаний ефект не виникатиме. На визначення завдання з ТРВЗ спрямоване, до речі, й формулювання технічної суперечності — ситуація відразу опиняється в протилежних варіантах: або ТСП₁, або ТСП₂, *унеможливаючи тим самим будь-який компроміс*.

Сформулюємо ці варіанти технічної суперечності:

$$\text{ТСП}_1: \text{ЗУ} \rightarrow \overline{\text{НЕ}}_1 \rightarrow \text{НЕ}_2.$$

Якщо знизити температуру розчину, то осад не випадатиме, але зменшиться швидкість процесу покриття.

$$\text{ТСП}_2: \overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{НЕ}}_2 \rightarrow \text{НЕ}_1.$$

Якщо ж температури не знижувати, то швидкість процесу покриття не зменшиться, але сіль випаде в осад. З огляду на формулу визначення винахідницького завдання $\overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{НЕ}}_2 + \overline{\text{НЕ}}_1$ необхідно, не знижуючи температури розчину, відповідно, не зменшуючи швидкості процесу покриття, забезпечити невинесення осаду.

З визначення винахідницького завдання впливає фізична суперечність (ФСп): розчин має бути гарячим, щоб процес покриття відбувався швидко, і розчин має бути холодним, щоб не випадав осад.

І з'являється один із варіантів ідеального кінцевого результату (ІКР): процес має відбуватися в холодному розчині з такою самою швидкістю, що й у гарячому.

Щоб розв'язати фізичну суперечність (ФСп), *визначимо зону, де реалізується основна функція (ОФ), тобто місце, ДЕ нам знадобиться гарячий розчин. Назвемо його оперативною зоною (ОЗ).* (Принагідно зазначимо, що найчастіше саме в зоні, де виконується ОФ, і виникає конфлікт — HE_1 .) У цьому завданні в процесі переходу частинок металу з розчину солі на поверхню деталі бере участь тільки той шар рідини, що безпосередньо контактує з поверхнею деталі. Увесь інший об'єм розчину в реакції участі не бере, але якщо він гарячий, осад із нього випадає...

Визначимо також, *КОЛИ нам потрібен гарячий розчин як обов'язкова умова виконання основної функції (ОФ).* Назвемо цей період *оперативним часом (ОЧ).* Очевидно, що гарячий розчин потрібен нам тільки тоді, коли деталь міститься в розчині, весь інший час розчин може бути холодним.

Тепер можна сформулювати фізичну суперечність (ФСп) точніше: розчин солі має бути гарячим тільки на поверхні деталі й тільки тоді, коли деталь міститься в розчині, щоб процес покриття відбувався швидко, і розчин солі має бути холодним увесь час у решті об'єму, щоб не випадав осад.

І остаточно сформулювати ідеальний кінцевий результат (ІКР): система мусить сама забезпечити високу температуру розчину солі на поверхні деталі під час її занурення в розчин і низьку температуру розчину в решті об'єму.

Забезпечити низьку температуру розчину в усьому об'ємі ванни досить легко: розчин просто не треба нагрівати. А високу температуру на поверхні деталі під час її занурення в розчин солі можна забезпечити за допомогою самої деталі, якщо її попередньо нагріти до певної температури...

Коротко запишемо отриману схему алгоритму:

**ОФ → склад системи → ТСП (НЕ₁ → ЗУ → НЕ₂)
→ ВЗ → ОЗ → ОЧ → ФС → ІКР.**

СТРУКТУРА АЛГОРИТМУ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ

Здійснимо методичний аналіз перебігу розв'язання розглянутих у цьому розділі проблем і підсумуємо. Необхідність відразу ж визначати основну функцію (ОФ) системи та її склад ми розглянули вище, тому звернемо увагу на причини виникнення проблем.

Проблеми, що їх можна розв'язати, уже розв'язані, й винахідникові завжди пропонують не завдання з цілком визначеними даними, після дій із якими виходить однозначний результат, а певну проблемну ситуацію. Ці проблеми виникають здебільшого тоді, коли ми, користувачі цієї системи, не задоволені її станом і починаємо ставити до системи підвищені вимоги, які елементи наявної системи забезпечити вже не спроможні. (Доти, доки в системі є резерви й вона спроможна задовольнити наші вимоги, проблема не виникає.) Тому визначимо поняття *«проблемна ситуація» як незадовільні для користувача взаємозв'язки між елементами системи, що можуть виникати як усередині самої системи, так і між системою й зовнішнім середовищем (надсистемою).*

Ці незадовільні взаємозв'язки є для користувача системи першим небажаним ефектом (НЕ₁). У проблемі 2 («Голка для хірургічних операцій»), наприклад, на розриви тканин почали звертати увагу тільки тоді, коли ці розриви почали затягувати процес одужання хворого. Радіостанція, що чудово працювала у звичайних умовах (проблема 3), не змогла забезпечувати радіозв'язок за нових умов (–50° С). За спроби підвищити швидкість процесу покриття деталі (проблема 4) через підвищення температури почав випадати небажаний осад.

Щоб забезпечити найкраще виконання основної функції (ОФ), для усунення наявного небажаного ефекту (HE_1) до системи вводять засіб усунення (ЗУ). Бувають випадки, коли цього досить, щоб розв'язати проблему. Однак найчастіше ЗУ, усуваючи HE_1 , спричиняє новий небажаний ефект (HE_2). Знову-таки, можливі ситуації, коли HE_2 не турбує споживача. Тоді суперечність не виникає й вихідна проблема виявляється розв'язаною. Проте найчастіше HE_2 , що виникає, не задовольняє користувача системи. Так з'являється технічна суперечність (ТСП) як результат причиново-наслідкового зв'язку між двома елементами системи, що конфліктують. Необхідність усунути ТСП і створює винахідницьке завдання.

Основне правило формулювання технічної суперечності: *ТСП має бути побудована так, щоб шкідлива дія була прямо пов'язана (впливала, була наслідком) із корисною дією — основною функцією (ОФ) системи.* Функцію цього зв'язку мусить виконувати засіб усунення (ЗУ).

У чому сутність цього зв'язку? У його властивості: якщо змінити початкові умови, причина стає наслідком, а наслідок — причиною. Тепер природу ТСП видно досить добре: усуваючи один недолік, ми призводимо до появи іншого. І суть суперечності — як у сполучених посудинах: що більше рідини в одній, то менше в іншій, і навпаки.

Схему технічної суперечності й зв'язок небажаних ефектів через засіб усунення чітко видно на схемі 6.6 (стор. 95).

Зі схеми видно, що наявність ЗУ усуває HE_1 (стрілка A_1 — корисна дія), але створює HE_2 (стрілка B_1 — шкідлива дія). І навпаки: відсутність ЗУ ($\overline{ЗУ}$) усуває HE_2 (стрілка A_2), але створює (або не усуває) HE_1 (стрілка B_2).

Визначення технічної суперечності (ТСП) у формі «засіб усунення — небажаний ефект» відразу ж створює альтернативи

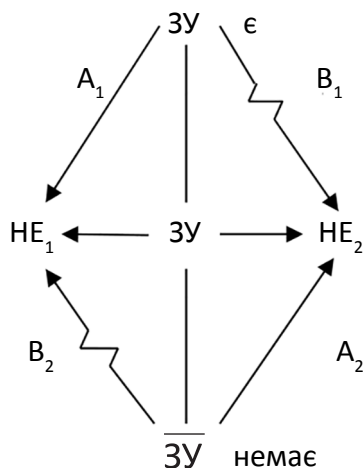


Схема 6.6. Сутність технічної суперечності

(або є HE_1 і немає HE_2 , або є HE_2 і немає HE_1) й унеможливорює всі проміжні варіанти та компроміси.

Цей взаємозв'язок елементів і є сутністю технічної суперечності досліджуваної системи. За такого визначення проблеми усуваємо все зайве, і в системі залишаються тільки ті два елементи, у зв'язках між якими й виникає проблема. А відкидаючи зайві елементи, ми разом усуваємо й можливі, проте вже зайві ідеї розв'язків, що з ними пов'язані, тож залишається тільки поле з потрібними ідеями. А щоб вийти в це поле, варто розв'язати винахідницьке завдання.

Як винахідницьке завдання розумітимемо проблемну ситуацію, сформульовану на основі виявленої технічної суперечності (причиново-наслідкові зв'язки «Якщо — То — Але»), де необхідно, не вводячи нової системи, усунути наявний небажаний ефект.

Як же розв'язувати винахідницьке завдання? Щоб не створювати нового небажаного ефекту (HE_2), до системи для усунення наявного небажаного ефекту (HE_1) вводять як засіб усунення (ЗУ)

нову систему, але — **ідеальну**, тобто відсутню! (Нагадаємо, що ідеальною вважаємо систему, якої немає, але основна функція якої виконується.) Цей ідеальний ЗУ, виконуючи свою ОФ, усуває HE_1 . Проте, оскільки ЗУ все-таки відсутній, він не створює HE_2 . А щоб психологічно полегшити сприйняття ідеального ЗУ, його ОФ доручають виконувати якомусь умовному Х-елементу. Надалі, щоб Х-елемент зміг максимально успішно реалізувати ідеальний кінцевий результат (ІКР), доведеться дуже чітко визначити властивості, що їх він мусить мати.

Розв'язок винахідницького завдання розумітимемо як такий спосіб усунення технічної суперечності, коли основна функція системи виконується якнайкраще через усунення HE_1 , тоді як HE_2 не виникає.

Нижче покажемо, що формулювання проблеми, її визначення впливають на весь подальший перебіг розв'язування завдання й рівень змін, що їх необхідно буде здійснити для реалізації розв'язку. Відповідно, діапазон цих змін коливається від незначних, які можна здійснити в підсистемі так, що система їх навіть «не помітить», і до істотних, що змінюють принцип дії усієї системи.

Наступний аналіз показує, що в основу технічної суперечності (ТСп) закладена фізична суперечність (ФСп) — супротивні фізичні вимоги до одного з елементів або параметрів системи. Але, щоб сформулювати ФСп, слід з'ясувати, де й коли виникає конфлікт.

Ми вже домовилися називати зону, де виникає конфлікт, оперативною зоною (ОЗ), а загальний час, що його треба розглядати й ураховувати під час пошуку розв'язку проблеми, — оперативним часом (ОЧ).

Оперативна зона й оперативний час — найважливіші елементи аналізу проблеми, і для їх визначення потрібно мати досить чітке уявлення про фізичну сутність процесів, що відбуваються в системі й спричиняють проблему. У проблемі про хірургічну голку, наприклад, ОЗ — це зона, де вушко голки зі здвоєною ниткою про-

ходить через тканини, які зшивають, а ОЧ — це час проходження вушка через тканини. У проблемі про температуру хімічного розчину ОЗ — це зона контакту поверхні деталі з розчином, а ОЧ — це час процесу покриття. Детальніше ці елементи будуть розглянуті пізніше, на прикладах пошуку розв'язку інших проблем.

Після того як точно простежено місце конфлікту й визначено час його перебігу, можна сформулювати фізичну суперечність (ФСп). Формулу ФСп варто побудувати так, щоб один стан (або один параметр) системи усував той наявний небажаний ефект (HE_1), що заважає системі виконувати свою основну функцію (ОФ) якнайкраще, а інший стан (або інший параметр) забезпечував умову, за якої не виникатиме новий небажаний ефект (HE_2). Згадайте, наприклад, проблеми 3 й 4:

- термостат має бути, щоб радіостанція не замерзала (усувається HE_1) і в такий спосіб забезпечувався стійкий радіозв'язок (ОФ системи), й термостата бути не має, щоб не доводилося носити зайву вагу (щоб не виникав HE_2);
- розчин солі має бути завжди холодним у всьому об'ємі ванни, щоб сіль не випадала в осад (щоб не виникав HE_1), і розчин солі має бути гарячим лише на поверхні деталі й тільки тоді, коли вона міститься в розчині, щоб процес покриття відбувався швидко (усувається HE_2).

У найкоротшому варіанті ФСп формують так: *стан ABC повинен бути*, щоб виконувалась ОФ, і *стану ABC не повинно бути*, щоб не виникав небажаний ефект.

Потім формулюємо ідеальний кінцевий результат (ІКР): система мусить сама забезпечити можливість існування необхідних фізично суперечливих станів. Для цього визначаємо властивості, за яких виходить ІКР, і намагаємося забезпечити наявність цих властивостей через елементи системи, що існують.

Ще раз переглянемо ланцюжок кроків, із яких складається *алгоритм розв'язування проблемної ситуації*:

ситуація → основна функція (ОФ) → склад системи → наявний небажаний ефект (НЕ₁) → засіб усунення (ЗУ) → новий небажаний ефект (НЕ₂) → формулювання технічної суперечності (ТСп) → визначення винахідницького завдання (ВЗ) → виявлення оперативної зони (ОЗ) → визначення оперативного часу (ОЧ) → формулювання фізичної суперечності (ФСп) → формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР) → визначення властивостей, що здатні забезпечити ІКР → пошук необхідних властивостей усередині системи → реалізація необхідних властивостей через власні або додаткові ресурси.

І на завершення перевіримо, наскільки ідеальними є отримані нами розв'язки з погляду поняття «ідеальна система». З проблеми 1 («Лампа Бабакіна»): колби немає, а функція колби — захистити нитку від контакту з киснем — працює! З проблеми 2 («Голка для хірургічних операцій»): голки немає, а функції голки — проколювати отвори й протягувати нитку — працюють! Проблеми 3 («Радіостанція для альпіністів»): термостата немає, а функція термостата — забезпечити схеми теплом — працює! Те саме в проблемі 4 («Про температуру хімічного розчину»): розчин холодний і осаду немає, а швидкість покриття висока!

Тут відразу слід зазначити, що ці ідеальні розв'язки досягнуті різною ціною. Якщо в проблемі з лампою ціну розв'язку можна вважати нульовою (є ще й економія, адже не треба робити колбу!), а в проблемі з хімічним розчином нагрівання розчину замінено нагріванням деталі, що теж дає значну економію, то для реалізації розв'язку завдань про голку й радіостанцію довелося змінювати технологію їх виготовлення. Вище ми вже зазначали, що спрощення системи для користувача обертається ускладненням надсистеми: потрібно створювати спеціальний склад, що

надавав би нитці властивостей голки, а радіосхему складати на спеціальному матеріалі, що не ламатиметься в кишені.

Цілком ідеальні розв'язки одержуємо надзвичайно рідко, найчастіше між ідеалом і реальним розв'язком залишається деяка відстань... Попри це, варто прагнути максимально наблизитися до ідеалу, адже без прагнення немає досягнення!

Послідовність мисленнєвих операцій — «кроків» — щодо аналізу проблемної ситуації з метою виявлення й усунення суперечностей, які створюють проблему, та отримання ідеального кінцевого результату становить алгоритм розв'язування проблемної ситуації (АРПС)¹⁶.

Підґрунтям для створення АРПС залишається АРВЗ-85В Г. С. Альтшуллера («Алгоритм розв'язування винахідницьких завдань», модель «В», 1985 рік)¹⁷. Однак практична робота з алгоритмом показала, що низка кроків частин 1–3, основних робочих частин АРВЗ-85В, потребує вдосконалення. Так, кроки 1–2 АРПС розроблені М. Й. Меєровичем 1988 року на основі праці В.О. Корольова «Перша частина» (Королев, 1987). Кроки 3–10 були випрацювані авторами в 1990–1995 роках і «досліджувалися на працездатність» під час серії семінарів протягом десяти років. Решта шість частин АРВЗ-85В (4–9), що використовуються під час розв'язування складних технічних проблем, не зазнали жодних змін, і тому в цьому посібнику не розглядаються.

Назву алгоритму на «Алгоритм розв'язування проблемних ситуацій» (АРПС) змінено у зв'язку з тим, що над розробкою «Алгоритму розв'язування винахідницьких завдань» (АРВЗ) тривалий час працював особисто Г. С. Альтшуллер, і на його прохання всі нові редакції АРВЗ, до яких уносили зміни інші розробники, мусили мати нове позначення.

¹⁶ Схему АРПС див. у Додатку.

¹⁷ Повний текст АРВЗ-85В опубліковано, наприклад, у: Альтшуллер Г. Найти идею. Новосибирск : Восточно-Сибирское издательство, 1989. 178 с

Розділ 7

ДО ІДЕАЛЬНОГО КІНЦЕВОГО РЕЗУЛЬТАТУ:

ПОШУК РЕСУРСІВ УСЕРЕДИНІ СИСТЕМИ

Для пошуку оптимального варіанту розв'язку
потрібен ретельний аналіз умов завдання,
оскільки вибір напрямку розв'язування
відбувається вже під час його формулювання.
Уведено поняття про мінімальне й максимальне завдання,
показано шляхи пошуку ідеального кінцевого результату
під час розв'язування мінімального завдання —
прагнення знаходити ресурси всередині самої системи,
а також способи пошуку таких ресурсів.

Щоб успішно розв'язувати технічні проблеми за допомогою ТРВЗ, варто напрацювати особливий стиль мислення: уявляти об'єкт у минулому й у майбутньому, подрібнювати його й визначати, частиною чого він є, зменшувати розміри до нуля й збільшувати до нескінченності, примушувати його водночас «бути і не бути», бачити «антиоб'єкт», тобто об'єкт із протилежними властивостями, та багато іншого.

Тут ніяк не обійтися без розумової праці. Мислення звичайної дорослої людини інколи буває сформованим усталеними стереотипами до такої міри, що зламати їхні межі й утиснути туди мислення ТРВЗ уже неможливо.

На думку фахівців-психологів, формувати таке мислення найкраще до 15 років. А ще краще — до 11. І починати найраніше, аж із дитячого садка...

У попередньому розділі на прикладі аналізу проблемних ситуацій і пошуку ідеального кінцевого результату (ІКР) під час розв'язування чотирьох завдань обґрунтовано й побудовано ланцюжок кроків алгоритму розв'язування проблемних ситуацій (АРПС). У цьому й наступних розділах на прикладах розв'язку низки навчальних завдань будуть детальніше розкриті можливості алгоритму, найтипівіші труднощі, з якими доводиться стикатися під час його використання, й методи їх подолання.

Навчальні завдання, що їх тут запропоновано, — це нещодавно реальні виробничі проблеми досить високого рівня. Над більшістю з них у пошуках розв'язку, перебираючи методом спроб і помилок варіант за варіантом, в очікуванні «осяяння» часом роками билосся багато талановитих винахідників. А шляхи до «осяяння» невідомі: жоден після того, як знайшов розв'язок, не міг простежити хід своєї думки від початку до кінця. У кращому разі вони видавали бажане за дійсне... Тому під час розв'язування нового завдання використовувати досвід мисленнєвих операцій практично не вдавалося.

Алгоритм — це інструмент для аналізу й пошуку розв'язків проблем. Але *інструмент дуже своєрідний. Його мета — замінити марноту думок винахідника на чіткий за структурою й однозначний за результативністю ланцюжок мисленнєвих операцій, що виводить у зону бездоганих варіантів розв'язків.* Бездоганих для навчальних завдань — означає не гірших, ніж запропоновані винахідником, а інколи й кращих. АРВЗ (і на його основі АРПС) — це перша у світовій практиці дієва методика розв'язування винахідницьких завдань, побудована на основі об'єктивних законів. Інструмент досить складний: опановуючи

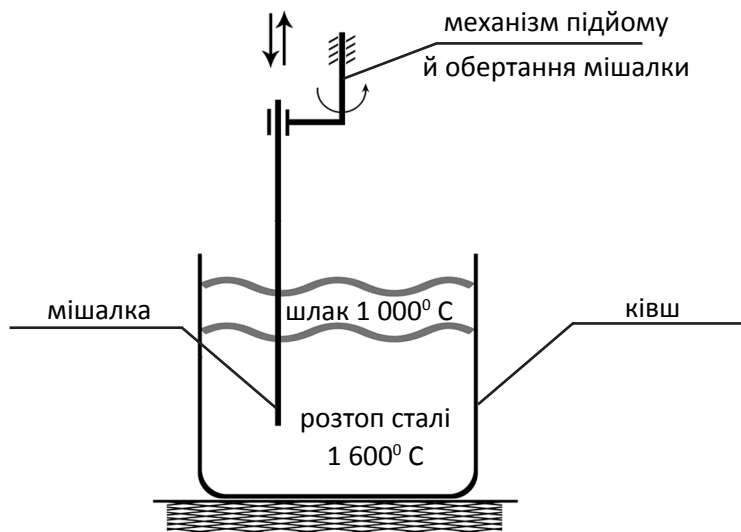
ним, людина мусить ламати багато звичних уявлень про те, що може бути, а чого бути не може. Крім того, це інструмент «зі зворотним зв'язком»: не тільки ви попрацюєте з ним, але й він попрацює з вами.

Не відкладайте книжки, щойно побачите чергову проблему з «металургійним нахилом». Вона цілком вам до снаги. От тільки лінь народилася раніше від вас... І не заздрить тим, хто дуже швидко вас пережене. Пощастило... Вдалося... У будь-якій справі перемог, тобто моментів успіху, досягають лише ті, хто довго й наполегливо готувався ці миті схопити. І тоді те щастя панування розуму, що сьогодні доступне тільки «творцям», стане здобутком і нормою вашого життя. Долучайтеся! Мета того варта!

Розглянемо кілька прикладів.

ПРОБЛЕМА 1. МІШАЛКА ДЛЯ РОЗТОПЛЕНОЇ СТАЛІ

Один зі способів отримання сталі — варити її в конверторі (великому ковші). У кінці процесу топлення для того, щоб отримати розтоп сталі однорідної сполуки й вивести на поверхню шлак (його температура топлення — приблизно $1\,000^{\circ}\text{C}$, питома вага — приблизно втричі менша, ніж вага розтопленої сталі), у рідку сталь із температурою $1\,600^{\circ}\text{C}$ опускають мішалку — довгий товстий сталевий стрижень — і перемішують її (малюнок 7.1. стор. 105). На жаль, у ході роботи мішалка під дією теплового поля розтопу швидко нагрівається, м'якне й за температури $1\,100^{\circ}\text{C}$ втрачає міцність і, відповідно, припиняє мішати розтоп. Доводиться часто міняти мішалки, що утруднює роботу й дорого коштує. Намагалися охолоджувати мішалку, наприклад, водою, але це виявилось надто складно й небезпечно: потрапляння води в розтоп сталі спричиняє вибух. Вирішили виготовити мішалку із жаростійких металів (вольфраму, молібдену тощо), проте розрахунки показали, що така мішалка буде дуже вартісною. Що вдіяти?



Малюнок 7.1

Для розв'язання завдання використовуємо АРПС (див. Додаток).

Найперше визначимо основну функцію системи. Ця система створена для отримання однорідної сполуки розтопленої сталі за допомогою її механічного перемішування. Проаналізуємо ситуацію по кроках.

Крок 1. Технічна система для отримання однорідної сполуки розтопленої сталі за допомогою її механічного перемішування складається з ковша, де варять сталь, розтопу сталі, шлаку, мішалки й механізму, що тримає мішалку, опускає її в розтоп і там перемішує. У процесі перемішування внаслідок контакту мішалки з розтопом температури 1 600°С виникає небажаний ефект (HE_1) — нагрівання й руйнування мішалки. Щоб вона не руйнувалася, можна використати різні засоби усунення (ЗУ). Розглянемо ці засоби та їх імовірні наслідки — нові небажані ефекти (HE_2).

Можливі засоби усунення:

ЗУ₁ — прибрати мішалку взагалі. Водночас виникає HE_2 : не буде перемішування, тобто не виконуватиметься основна

функція, що неприпустимо. Отже, потрібно буде змінити принцип дії (ПД) системи — ввести інший спосіб перемішування, скажімо, електромагнітним полем (інколи пропонують крутити ківш навколо мішалки).

ZY_2 — усунути перегрівання мішалки. Зробити це можливо, якщо ввести пристрій для охолодження, наприклад, водою. HE_2 — складність і небезпека вибуху.

ZY_3 — виготовити мішалку із жаростійких сталей. Тоді виникає HE_3 — висока вартість нової мішалки.

Аналіз засобів усунення (ZY_1 , ZY_2 , ZY_3) і нових небажаних ефектів, що виникають одночасно, показує, що розв'язання проблеми може відбуватись у двох напрямках. За вибору ZY_1 необхідно буде змінювати принцип дії (ПД) системи, або, як заведено говорити в пропонованій нами теорії, розв'язувати максимальне завдання. За вибору ZY_2 чи ZY_3 принцип дії системи (перемішування мішалкою) залишиться незмінним. У такому разі говоримо про необхідність розв'язувати мінімальне, або мінізавдання: уся система залишається без змін, а шкідлива якість (HE_1) має зникнути.

Питання про те, яке завдання та за яких початкових умов розв'язувати, буде розглянуто в другій частині посібника. Поки ж зазначимо, що розв'язування мінізавдання пов'язане, як правило, зі зміною значно меншої кількості елементів, що входять до системи, тому завжди варто починати з нього.

Розглянемо варіант для ZY_3 — заміна мішалки зі звичайної сталі на жаростійку. HE_3 тут — неприпустимо висока вартість. Складемо схему завдання:

ОФ — отримання однорідного складу розтопу сталі.

ПД — механічне перемішування мішалкою.

Склад системи: розтоп сталі, ківш, шлак, мішалка, механізм керування мішалкою.

HE_1 — розтоплення звичайної мішалки.

$ЗУ$ — використання жаростійкої мішалки.

HE_2 — висока вартість.

Розглянемо варіанти технічних суперечностей у їхніх межових станах:

$$ТСп_1: ЗУ \rightarrow \overline{HE_1} \rightarrow HE_2.$$

Якщо використовувати жаростійку мішалку, то вона не розтопиться, але коштуватиме дуже дорого:

$$ТСп_2: \overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} \rightarrow HE_1.$$

Якщо ж жаростійкої мішалки не застосовувати, то висока вартість не стане перешкодою, але зберігатиметься розтоплюваність звичайної мішалки.

Крок 2. Формулюємо винахідницьке завдання. Розв'язувати, як ми вже зазначали вище, зручніше мінізавдання. Для його визначення використовуємо поняття «ідеальна система». Нам потрібна «ідеальна жаростійка мішалка», тобто така, що нічого не коштує, оскільки її немає, але основна дія якої — не розтоплюватися за температури навіть $2\,000^\circ\text{C}$ — зберігається й переноситься на звичайну мішалку.

Визначення винахідницького завдання:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} + \overline{HE_1}.$$

Не вводячи жаростійкої мішалки й у такий спосіб не створюючи її високої вартості, усунути розтоплюваність звичайної мішалки.

Крок 3. Визначаємо оперативну зону (ОЗ), або зону конфлікту. До складу ОЗ обов'язково має ввійти як об'єкт, що підпадає під шкідливий вплив, так і об'єкт, що впливає.

Нагрівання мішалки та її розтоплення відбувається в процесі перемішування під час контакту поверхні мішалки з розтопом сталі. Тут, у зоні контакту поверхні мішалки з розтопом, і виникає конфлікт. Очевидно, якщо ми зможемо якось запобігти нагріванню

цього поверхневого шару вище $1\ 100^{\circ}\text{C}$, то глибші шари мішалки тим паче не нагріються, й завдання буде розв'язане.

Крок 4. Визначаємо оперативний час (ОЧ). У цьому завданні це час T_3 виконання основної функції (ОФ) — перемішування рідкої сталі. Час T_3 складається з часу T_2 нагрівання мішалки до критичної температури $1\ 100^{\circ}\text{C}$ і конфліктного часу T_1 , протягом якого мішалка нагріватиметься вище цієї температури. Мета розв'язування — не дозволити виникнення T_1 , звести його до нуля.

Крок 5. Фізична суперечність на макрорівні (М-ФСп): поверхня мішалки, що контактує з розтопленою сталлю, повинна мати температуру не вище $1\ 100^{\circ}\text{C}$ («бути холодною»), щоб не втрачати здатності перемішувати розтоплену сталь, і повинна мати температуру $1\ 600^{\circ}\text{C}$ («бути гарячою»), оскільки вона весь час контактує з розтопленою сталлю.

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСп): між поверхнею мішалки й розтопом сталі мають бути частинки речовини, що підпадають під вплив температури $1\ 600^{\circ}\text{C}$, але не нагріваються вище $1\ 100^{\circ}\text{C}$.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): технічна система мусить сама забезпечувати між поверхнею мішалки й розтопленою сталлю наявність частинок, що підпадають під вплив температури $1\ 600^{\circ}\text{C}$, але не нагріваються вище $1\ 100^{\circ}\text{C}$.

Крок 8. Сформулюємо умови, яким мають відповідати частинки для дотримання необхідних за кроком 7 протилежних станів:

- а) бути між поверхнею мішалки й розтопленої сталі (розмежувати їх);

- б) бути під дією температури $1\ 600^{\circ}\text{C}$ і водночас не пропускати до поверхні мішалки температури вище $1\ 100^{\circ}\text{C}$.

Які ж властивості частинок можуть забезпечити ці умови? Щоб реалізувати першу вимогу, частинки мають або весь час пересуватися навколо рухомої мішалки, або, навпаки, міцно

чіплятися за її поверхню, щоб розмежувати ті поверхні, що контактують у зоні конфлікту.

Для реалізації другої умови частинки, нагрівшись до $1\,100^{\circ}\text{C}$, повинні або віддавати тепло, або залишати зону конфлікту, щоб не було теплопередачі від розтопленої сталі до поверхні мішалки.

Крок 9. Як ми згадували вище, ідеальний розв'язок мусить забезпечити сама система. Проаналізуємо склад системи (див. крок 1) і простежимо, чи немає там елементів, що забезпечать сформульовані на кроці 8 властивості.

Які тут можуть бути варіанти? Завдання фактично звели до пошуку речовини всередині системи, що повинна мати конкретні фізичні властивості: нагріваючись від джерела високої температури, зберігати власну температуру на більш низькому й цілком визначеному рівні. З курсу фізики відомо, що схожі властивості мають речовини з кристалічною ґраткою в момент зміни їхнього агрегатного стану. Наприклад, температура льоду не може бути вищою 0°C , і за звичайних умов температура води, що утворюється під час танення льоду, ніколи не буде вищою від цього значення, допоки не розтане весь лід. Аналогічний процес відбувається під час кипіння води у відкритій посудині: навіть на найбільш розжареній плиті температура води не підніметься вище 100°C .

Чи є в зазначеній системі речовина, температура якої не могла би перевищувати $1\,100^{\circ}\text{C}$? Так, така речовина є, це твердий шлак. Він топиться за температури $1\,000^{\circ}\text{C}$, переходить у рідкий стан і спливає, оскільки значно легший від розтопу сталі. Тому, якщо покрити мішалку шаром твердого шлаку, цей шар повністю не розтопиться доти, доки температура поверхні мішалки не перевищуватиме $1\,000^{\circ}\text{C}$.

Виникає нове завдання: як покрити мішалку шаром твердого шлаку? Адже в системі є тільки рідкий шлак, і то переважно на поверхні розтопу. Можливі, ймовірно, два варіанти: або охолод-

жувати шлак і якось, заганняючи його в розтоп, обмазувати ним мішалку, або, навпаки, піднімати мішалку над шаром шлаку, що дозволяє механізм її обертання. Другий варіант вочевидь кращий, оскільки тоді шар твердого шлаку налипає на поверхню мішалки САМ, щойно її починають протягувати через шар шлаку. Потім мішалку опускають у розтоп і перемішують, допоки весь твердий шар не розтопиться й не спливе на поверхню розтопу. Після цього операцію покриття мішалки шаром твердого шлаку повторюють.

У попередньому розділі ми зазначали, що досягнути ідеального кінцевого результату (ІКР) можна досить рідко, приблизно в одному завданні з тисячі. У всіх інших випадках доводиться додатково щось вводити, ускладнюючи або саму систему, або надсистему. Проте цілеспрямованість кроків АРПС до ІКР дає змогу отримати результат, максимально наближений до ідеального.

Ось іще одна проблема, не технічна — проблема бізнесу, розв'язати яку практично ідеально вдалося тільки тому, що на цю ідеальність орієнтувалися.

ПРОБЛЕМА 2. «ІДЕАЛЬНА ПРАЛЬНЯ»

Проблема з такою дуже смішною назвою виникла наприкінці ХХ століття на курсах майбутніх підприємців, де один з авторів цього посібника читав лекції з дисципліни «Проектний менеджмент» (конкретніше предмет називався «Методи аналізу проблемних ситуацій і пошуку їх найефективніших розв'язків»). Суть проблеми полягала ось у чому: група нещодавно демобілізованих молодих офіцерів шукала для себе належну галузь бізнесу. У період служби в одного з них, пов'язаного з господарською діяльністю, періодично виникали проблеми з пранням білизни для солдатів. Провівши невеликий маркетинговий аналіз, вони виявили, що ніша ще не заповнена: старі пральні вже не пра-

чують, а нових не так багато. Виникла бізнес-ідея — відкрити пральню. Але в процесі роботи над бізнес-планом з'ясувалося, що фінансів на купівлю машин, оренду приміщення, оплату комунальних послуг та на інші витрати в них не вистачало... Лізинг тоді ще не існував, брати кредит вони боялися...

На одній з останніх лекцій викладач запропонував на прикладі моделі створення якогось реального виробництва проаналізувати цей процес і пошукати варіанти з мінімальними витратами. «Це може бути цілком конкретна ідея когось із вас», — додав він. Ось тут колишні офіцери й виклали ідею пральні...

Для розв'язання цієї проблеми використаємо АРПС (див. Додаток).

Крок 1. Бізнес-ідея «Пральня» як технічна система для прання білизни складається з пункту приймання й видавання білизни та приміщення для машин, оснащеного інженерними комунікаціями (вода, каналізація, електрика тощо). Під час розроблення бізнес-ідеї з'ясувалося, що фінансів на її реалізацію не вистачає. Що вдіяти?

Вище ми вже згадували, що проблеми виникають тоді, коли ситуацію або не можна розв'язати відомими стандартними методами, або застосування цих методів спричиняє появу наслідків, що нас, користувачів цієї системи, не задовольняють. Одним із таких стандартних методів, коли не вистачає коштів, був би кредит, але цей варіант був досить ризикованим...

Особливість ТРВЗ як методики пошуку розв'язку проблем, що якраз і дає змогу сформулювати творчий стиль мислення, полягає в умінні запропонувати сильні й нетрадиційні варіанти рішень, які звичайне мислення відразу відкидає. Можливий варіант відмовитися від дії або об'єкта, що викликає небажаний ефект. Для зазначеної проблеми — не відкривати пральні. Але тоді немає бізнесу й ніде прати білизну...

Використаємо АРПС.

Схема завдання:

ОФ — створити власний бізнес.

ПД — закупити пральні машини й орендувати приміщення з інженерними комунікаціями для пральні.

Склад системи: пункт приймання й видавання білизни, пральні машини, обладнане приміщення, бізнесмени.

НЕ₁ — відсутність коштів на закупівлю пральних машин та оренду обладнаного приміщення.

ЗУ — відмовитися від відкриття пральні.

НЕ₂ — немає власного бізнесу...

Розглянемо варіанти технічних суперечностей у їхніх межових станах:

$$\text{ТСп}_1: \text{ЗУ} \rightarrow \overline{\text{НЕ}_1} \rightarrow \text{НЕ}_2.$$

Якщо відмовитися від відкриття пральні, то кошти для закупівлі обладнання й оренди приміщення не будуть потрібні, але не буде й бізнесу.

$$\text{ТСп}_2: \overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{НЕ}_2} \rightarrow \text{НЕ}_1.$$

Якщо ж від відкриття пральні не відмовлятися, то власний бізнес з'являється, але відсутні фінанси для початкового капіталовкладення.

Розв'язувати будемо, як і в попередніх випадках, мінімальне завдання: усе залишається без змін, а шкідливу якість (необхідність мати кошти на купівлю пральних машин та оренду приміщення) усуваємо.

Крок 2. Визначення винахідницького завдання:

$$\overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{НЕ}_2} + \overline{\text{НЕ}_1}.$$

Не відмовляючись від ідеї відкриття пральні й у такий спосіб набуття власного бізнесу, усунути необхідність мати фінанси для купівлі й оренди.

Вважаємо за необхідне зазначити, що крок 2 надзвичайно важливий і методично, й психологічно. Саме на цьому етапі розв'язування завдання ми вводимо відсутній елемент заради тієї його властивості, що усуває наявний небажаний ефект. І вводимо ми його, не вводячи, — як відсутній, відповідно до визначення мінізавдання, тобто не ускладнюючи системи й не викликаючи нових шкідливих явищ! Відсутній елемент — це ідеальний об'єкт: його немає, а його функція з усунення HE_1 працює!

Уміння давати раду з властивостями відсутніх об'єктів з'являється не миттєво, тому таким важливим, особливо на перших етапах навчання, є докладний і скрупульозний запис пошуку розв'язків проблеми.

Крок 3. Визначаємо оперативну зону (ОЗ) — зону, де відбувається конфлікт. Як видно з описаної ситуації, конфлікт виникає через необхідність мати обладнане приміщення з машинами для прання білизни (гроші потрібні для цього!).

Крок 4. Визначаємо оперативний час (ОЧ). Як бачимо з умови, час виконання основної функції T_3 складається з двох частин: часу роботи з клієнтами T_2 (приймання й видавання білизни) й конфліктного часу T_1 — часу прання білизни в машинах.

$$T = T_3 = T_2 + T_1.$$

Крок 5. Фізична суперечність на макрорівні (М-ФСп): під час прання білизни обладнане приміщення з пральними машинами повинне бути, щоб бізнесмени мали власний бізнес, й обладнаного приміщення з пральними машинами бути не повинно, щоб не закуповувати їх і не платити орендної плати.

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСп): між обладнаним приміщенням із пральними машинами та бізнесменами мають з'явитися «частинки речовини», що забезпечили б наявність такого приміщення з пральними машинами й усунули необхідність їх закуповувати й орендувати для цього приміщення.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): бізнес-ідея «Пральня» мусить сама подбати про «частинки речовини», які забезпечать наявність такого приміщення з пральними машинами й усунуть необхідність їх закуповувати й орендувати для цього приміщення.

Повторимо ще раз: ідеальний розв’язок мусить забезпечити сама система. Проаналізуємо її склад (крок 1) і пересвідчимося, чи немає в ньому елементів, що змогли би реалізувати ІКР.

Такі «елементи» є. Це самі офіцери-бізнесмени. Точніше — їхні *квартири*, де є *пральні машини* й *усі необхідні комунікації*, і їхні *дружини*. Залишилося обладнати пункт приймання-видавання білизни...

Розділ 8

ВЧИМОСЯ МИСЛИТИ СИСТЕМНО

Функційно-системний підхід формує
об'ємне бачення об'єктів і явищ
та всіх взаємозв'язків між елементами системи
та зовнішнім середовищем,
що дає змогу моделювати розвиток
різноманітних систем і процесів.
Алгоритм виконання логічних вправ
покаже можливості цього підходу
для формування системного мислення.

8.1. АЛГОРИТМ СИСТЕМНОГО МИСЛЕННЯ

Здатність людини орієнтуватися в навколишньому світі пов'язана з розумінням інформації, а не з її механічним засвоєнням. Тому, відповідно до одного з основних принципів педагогічної психології, *засвоєння інформації учнем і розвиток його мисленнєвих операцій мають бути взаємопов'язані*. Щоб зрозуміти будь-який пояснюваний матеріал, учні мусять самостійно здійснювати такі логічні операції, де елементи отримуваної інформації є системою — вони співвідносяться й пов'язуються один з одним. Звідси випливає перша вимога до навчального процесу: його варто побудувати так, щоб знання засвоювалися через процес миследіяльності.

Друга вимога, яку сьогодні ставлять до цілей навчання, — *уміння сприймати предмет, що вивчають, не в застиглому вигляді, а в розвитку, у взаємозв'язку з іншими предметами.*

Тому найважливішою метою сучасного освітнього процесу вважають перехід від переважно нерелексивного до усвідомленого опанування й володіння низкою розумових операцій, що становлять мисленнєвий процес і багато з яких здебільшого не усвідомлені. Ці операції слід виявити й спеціально вивчати, що не менш значуще, як підкреслюють психологи, ніж навчання правил виконання завдань. Без опанування операційного складника мислення знання правил усюди виявляються непридатними, оскільки учень не зможе їх застосувати (Ильясов, 1995).

У психологічній літературі описано багато логічних вправ на основі вербального матеріалу, що допомагають розвивати мислення й уяву учнів. Найчастіше такі вправи використовують як додаткові до основної навчальної програми. Рекомендована форма занять — груповий інтелектуальний тренінг, ефективність якого забезпечена взаємним обміном та збагаченням учасників ідеями, поглядами й думками. Проте пропоновані вправи мають один істотний недолік: правила організації процесу мислення для формування ідей відсутні, тому під час тренінгу відбувається засвоєння лише зовнішніх результатів мислення. З тренінгу, отже, випадає його найважливіший компонент — усвідомлення самого процесу мисленнєвості. Іншими словами, процес отримання результату й методи його досягнення відбуваються без усвідомлення механізмів його отримання, без знань про те, ЯК можна досягти результату.

З методичного погляду є різниця в тому, чи відбувається пізнання об'єкта як безладне перерахування й опис його окремих властивостей, чи ж об'єкт пізнають як систему.

Практика роботи з вправами, наведеними нижче, показала, що як інструменти, за допомогою яких можна навчити ефективно

виконувати схожі завдання, корисно використовувати такі поняття, як «функція», «система», «підсистема» й «надсистема», «зв'язок між елементами», «структура». Ці поняття, на відміну від поняття «об'єкт» чи «предмет», відразу налаштовують нас на сприйняття всієї сукупності взаємозв'язків між частинами, що становлять об'єкт, і його зв'язків із зовнішнім середовищем (схема 8.1). Надалі, розглядаючи якийсь об'єкт, будемо бачити його як систему.

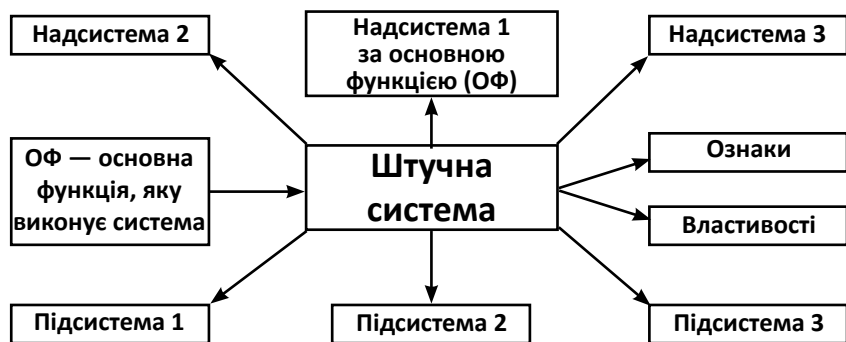


Схема 8.1. Візуальне відображення поняття «штучна система»

Застосування функційно-системного підходу під час аналізу об'єктів і явищ дає можливість виробити їх об'ємне бачення й спрямовує на сприйняття всієї сукупності взаємозв'язків, що існують як між окремими елементами всередині системи, так і між системою й зовнішнім середовищем. Здатність бачити ці взаємозв'язки та враховувати їхню значущість під час аналізу — найважливіша функція уяви, що дозволяє моделювати найрізноманітніші системи й процеси — технологічні, організаційні, економічні, соціальні, екологічні...

Функційно-системний підхід може задовольнити й вимогу до цілей навчання — сприймати предмет у розвитку та взаємозв'язку з іншими об'єктами. Запропоновані нижче вправи, призначені передусім для розвитку мисленнєвих операцій

та уяви, можна використовувати в практичній діяльності як моделі, що сприяють реалізації певної мети, й застосовувати до власного об'єкта вивчення.

Розглянемо можливості застосування функційно-системного підходу для усвідомлення процесу отримання результату й методів його досягнення під час виконання розвивальних вправ. Цей підхід уможливорює формулювання досить чітких правил виконання вправ у формі «нежорсткого» алгоритму. Продемонструємо ці можливості на прикладах. На допомогу пропонуємо

Алгоритм виконання логічних вправ

Випишіть у стовпець для кожного об'єкта:

- основну функцію системи;
- ознаки (істотні й неістотні) цього об'єкта;
- підсистеми (якщо вони є);
- інші функції, що їх може виконувати цей об'єкт завдяки своїм ознакам і підсистемам;
- можливі надсистеми.

В ігровому варіанті можна взяти будь-які слова. Під час використання цих вправ із навчальною метою послуговуються термінами предмета, що вивчається.

8.2. ФОРМУЄМО СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ

8.2.1. ПОШУК СПІЛЬНИХ ОЗНАК

*Капелюшник від здивування витріщив очі,
але на відповідь лише запитав:*

— Яка різниця між вороною і письмовим столом?

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»

(переклад Г. Бушиної)

Візьміть два об'єкти, що стоять на смисловій осі далеко один від одного. Знайдіть для них якомога більше спільних ознак.

Приклад 1. Міст і скрипка

Об'єкт	Міст	Скрипка
<i>Основна функція</i>	Споруда для з'єднання частин, що розмежовані перешкодою (вода, провалля тощо)	Смичковий чотири-струнний музичний інструмент високого регістру
Міст з'єднує береги, скрипка поєднує людей (слухачів). По струнах ходить смичок, по мосту ходять люди та їздять автомобілі. І міст, і скрипка вимагають якісного виготовлення й зазвичай довго служать людям. Коли по мосту ходять люди, він вібрує й видає звуки. Коли по струнах ходить смичок, вони теж вібрують і видають звуки.		
<i>Підсистеми об'єктів</i>	Опори (палі, троси), прогони, перила, настил	Корпус, дека, струни, фарба, лак
Як будівельний матеріал використовують дерево. Щоб працював підвісний міст, потрібно натягувати троси. Щоб скрипка грала, потрібно натягнути струни. У назвах обох об'єктів («міст» і «скрипка») є буква «с». І міст, і скрипка мають захисний шар — фарбу й лак, щоб довше служили й не псувалися. І міст, і скрипка під час роботи спираються щонайменше на дві точки.		
<i>Надсистеми об'єктів</i>	Будівельні споруди	Музичні інструменти
Гарний міст і гарна скрипка є пам'ятками — архітектури й мистецтва. Італія й Венеція — країни, що відомі своїми мостами, скрипковими майстрами та скрипалями.		
<i>Спільні ознаки об'єктів</i> І в моста, і в скрипки довжина значно більша від ширини. Добрий міст і добра скрипка мають складні геометричні форми.		
<i>Використання в переносному значенні</i> І міст, і скрипка можуть визначати специфічну діяльність людини: «прокладати мости» — бути посередником, «грати першу скрипку» — бути головним у якій-небудь справі		

Наведемо інший приклад. Це результат пошуку спільних ознак між локшиною та бульдозером, що його здійснювали учні 10-го класу ліцею № 208 м. Києва.

Приклад 2. Локшина й бульдозер

Об'єкт	Локшина	Бульдозер
Основна функція	Продукт харчування	Машина для пересування ґрунту
Виконання основної функції пов'язане з нагріванням		
Підсистеми об'єктів	Борошно, вода, сіль у вигляді тонких смужок тіста	Двигун, кабіна, ніж, гусениці, гідропомпа тощо
І локшина, й бульдозер пов'язані із землею: локшину роблять із тіста, тісто — з борошна, борошно — із зерен, зерна — з колосків, а колоски проростають із землі. Бульдозер зроблено із заліза, залізо ж добувають у надрах землі. В обох словах непарна кількість букв. В обох словах є букви «л», «о». У кожному слові є хоча б по одному відкритому складу.		
Надсистеми об'єктів	Суп, кухня, їдальня, демагогія	Комплекс будівельних машин, засіб пересування, сировина для брухту
<i>Спільні ознаки об'єктів</i> Коли локшина кипить у каструлі, вона рухається. Коли бульдозер працює, він теж пересувається. Якщо локшину дуже нагріти й переварити, вона розвариться й злипнеться в суцільну масу. Якщо дуже нагріти бульдозер, він теж розтопиться й стане суцільною масою. За тривалої дії води міняють свій колір і здатність виконувати основну функцію. Локшину можна скрутити, як гусеницю бульдозера. Попрацювавши на бульдозері, будівельник може піти їсти локшину.		

Використання в переносному значенні

Локшину вішати (на вуха). Загрібає, як бульдозер.

І локшина, й бульдозер негативно впливають на слух.

Локшина, яку активно вішає уряд на вуха народу, так само руйнує його настрої, як і шум бульдозера, що працює.

Виконання цієї вправи сприяє глибшому розумінню об'єктів, навчає знаходити взаємозв'язки між ними. Робота за алгоритмом, як показала практика його застосування на заняттях, значно підвищує кількість і якість варіантів під час виконання вправ. І все ж основний ефект — вироблення навичок системного аналізу.

8.2.2. «ТРЕТІЙ — ЗАЙВИЙ!» (ВИЛУЧЕННЯ ЗАЙВОГО ПОНЯТТЯ)

— Місць немає! Місць немає! — закричали Заєць
із Капелюшником, побачивши Алісу.

— Місця скільки завгодно! — обурилась Аліса
і сіла у велике крісло в другому кінці стола.

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»
(переклад Г. Бушиної)

Ця вправа є продовженням попередньої, проте в складнішому варіанті. Візьміть три об'єкти, розташовані далеко один від одного на смисловій осі. Знайдіть у першому й другому такі спільні ознаки, яких немає в третьому — зайвому — об'єкті. Потім об'єднайте в пару другий і третій об'єкти та пошукайте для них такі спільні ознаки, яких немає в першому. Далі об'єднайте перший і третій об'єкти, протиставивши їм другий. Для цілеспрямованої роботи рекомендуємо використовувати вищезазначений алгоритм.

Приклад**Об'єкти**

1. Чашка. 2. Лінійка. 3. Замок (навісний).

Функції об'єктів та їхні ознаки

1. Невелика посудина округлої форми для пиття з ручкою.

2. Довга пряма тонка розкреслена планка для вимірювання й креслення прямих ліній.

3. Об'ємний металевий пристрій для замикання чогось ключем.

Підсистеми

1. Посудина й ручка. 2. Планка, штрихи розмітки. 3. Дужка, корпус, механізм.

Додаткові функції, що їх можуть виконувати ці об'єкти

1. Використання певного об'єму як засобу вимірювання й зберігання чогось; кришка (в перевернутому стані); шолом для ллялки; знаряддя для окреслення кіл.

2. Указка, змішувач.

3. Тягарець, молоток.

Можливі надсистеми

1. Посуд — чайний, кавовий.

2. Вимірювальні прилади, креслярське приладдя.

3. Охоронні системи.

Спільні ознаки чашки й лінійки, яких не має замок:

- можуть бути мірою у вимірюваннях;
- можуть бути інструментом для креслення;
- слова «чашка» й «лінійка» — жіночого роду, закінчуються на -ка;
- як правило, розташовані на горизонтальній площині.

Спільні ознаки чашки й замка, яких не має лінійка:

- мають великий об'єм, а лінійка — тонка й пласка;
- складаються з частин;
- для використання їх беруть за ручку;
- друга буква в цих словах — «а».

Спільні ознаки замка й лінійки, яких не має чашка:

- мають пласкі поверхні;
- і замок, і лінійка бояться рідини;
- і замком, і лінійкою (сталевою) можна забити цвях.

8.2.3. ПОШУК АНАЛОГІВ: ВЧИМОСЯ СИСТЕМНО ПОРІВНЮВАТИ

— А, може, це від перцю люди робляться запальні, —
вела вона далі, дуже задоволена з того,
що відкрила ніби новий закон природи, —
а від оцту робляться кислі... а від хрину — сердиті...
а от... а от від цукерок діти стають
такі милі та слухняні!

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»
(переклад Г. Бушиної)

Називають будь-який предмет чи явище. Потрібно написати якомога більше його аналогів, тобто інших предметів або явищ, що подібні до нього за різними істотними ознаками.

1. Випишіть функцію предмета й укажіть інші предмети, що виконують схожу функцію в природі, техніці, побуті.

2. Випишіть ознаки зазначеного предмета, а потім навпроти кожної ознаки вкажіть ті предмети, де ці ознаки наявні.

3. Випишіть у стовпець можливі підсистеми й навпроти кожної вкажіть об'єкти, де наявні схожі підсистеми.

Приклад: валіза*Аналогії за функціями*

Валіза призначена для перевезення речей. Таку саму функцію можуть виконувати мішки, сумки, портфелі, рюкзаки, кишені, защічні мішки в хом'яка, голки в їжака тощо.

Аналогії за ознаками

Ознаки валізи: прямокутна, об'ємна, стінки з тонкого матеріалу тощо.

Прямокутна. Схожу ознаку мають: стіна, зошит, стіл, екран телевізора тощо.

Об'ємна. Схожу ознаку мають: цеглина, будинок, каструля, шафа тощо.

Аналогії за підсистемами

Валіза має кришку на замках. Схожа кришка може бути на скрині, шкатулці, льосі. Ручку, крім валізи, мають двері, чашка, трамвай...

8.2.4. ПОШУК ПРОТИЛЕЖНОГО ОБ'ЄКТА

— *Чого тільки ми не вчили!* — почала Черепаха.

— *Ну, передовсім, звісно, вчилися ми Чигати й Кусати.*

А потім уся тобі арифметика:

Удавання, Віджимання, Втілення і Вноження.

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»

(переклад Г. Бушиної)

Називають будь-який об'єкт, до прикладу, мед. Слід назвати якомога більше інших, але протилежних об'єктів.

Щоб виконати цю вправу, також використовуйте алгоритм: шукайте об'єкти, протилежні зазначеному за функцією, ознаками (скажімо, за розміром, формою, агрегатним станом), за підсистемами тощо.

Приклад: мед

Мед — продукт харчування. Протилежними будуть усі неїстівні об'єкти.

Мед корисний. Протилежними будуть усі шкідливі об'єкти: тютюновий дим, газ, «шкідливий» сусід.

Мед солодкий. Протилежним буде все гірке: листя кульбаби, ліки, правда...

Мед зазвичай густий. Протилежними будуть усі рідини: вода, молоко, сік тощо.

8.2.5. МОДЕЛЮЄМО ТВОРЧИЙ ПРОЦЕС: ЦІ ТРИ СЛОВА — ОБОВ'ЯЗКОВІ!

*Шалений Заєць узяв годинника
й похмуро вп'явся в нього очима,
тоді вмочив його у свій чай і глянув ще раз,
після чого не знайшов нічого кращого, як повторити:
— Але ж масло було найвищого ґатунку!*

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»

(переклад В. Корнієнка)

Зазвичай для виконання цієї вправи пропонують узяти три слова (загальні іменники в називному відмінку однини), розташовані далеко одне від одного на смисловій осі, й скласти якнайбільше речень, які обов'язково містили б усі три слова. Під час складання речень можна змінювати відмінки іменників, їхнє число, а також використовувати будь-які інші слова.

Як показала практика, виконання цієї вправи за такою інструкцією викликає в учнів тільки ефект активізації, оскільки встановлення зв'язків між об'єктами відбувається методами випадкового пошуку й перебирання варіантів.

Здійснювати організований цілеспрямований пошук нових неочікуваних зв'язків між звичними образами об'єктів, знаходити їхні оригінальні поєднання, складати не лише відособлені речення, а й створювати цілісні образи з окремих елементів і на їхній основі писати розповіді дозволяє представлений нижче алгоритм, розроблений на основі функційно-системного підходу:

1. *Дати визначення об'єктів і записати їхні можливі функції.* Для живих об'єктів це може бути професія або рід діяльності, яким займається весь об'єкт або окремі його частини (наприклад, людина — режисер, собака — охоронець, лисячий хвіст — мітла).

2. *Записати в стовпець підсистеми об'єктів і можливі над-системи.*

3. *Записати* можливі *варіанти ознак об'єктів і їхніх частин* (колір, форма, матеріал тощо).

4. *Зазначити* можливі *емоційні стани об'єктів* (сумний, збуджений тощо).

5. *Записати* можливі *дії*, що їх можуть виконувати об'єкти (чекати, сидіти, розкриватися тощо).

6. *Комбінуючи елементи* пунктів 1–5, скласти речення з цікавих для вас поєднань.

7. *Скласти розповідь* із отриманих речень.

Робота за алгоритмом дає матеріал для ретельної розробки й вибору деталей, якими можна послуговуватися під час виконання завдання, і можливість усвідомлено вийти на якісно новий рівень.

Приклад: каша — статуя — балкон

Опишемо об'єкти відповідно до алгоритму.

1. *Можливі функції*

Каша — продукт харчування, зварений із будь-якої крупи. Інакше кажучи, місиво, безлад, кропітка справа («заварити кашу»), ненадійність партнера («з ним каші не звариш»), нечіткість мислення («каша в голові») тощо. Основна функція каші — задовольняти голод. Додаткові — використовувати об'єкт за непрямим призначенням (так, наявність різних властивостей і станів відповідно до пунктів 3–5 уможливорює використання каші як засобу для склеювання, будівельного матеріалу тощо).

Статуя — скульптурне зображення, зазвичай на повний зріст, людини або тварини, часто збільшене. Інакше кажучи, нерухомість («застиг, як статуя»), мовчазність, байдужість («мовчить, як статуя»), холодність («холодний, як статуя»). Основна функція — збереження інформації про об'єкт і задоволення естетичних потреб. Додаткові — вішалка, орієнтир, символ тощо.

Балкон: а) огорожений перилами майданчик, що виступає зі стіни будівлі; б) верхні ряди в театральному чи концертному

залі. Основна функція — дати можливість вийти за межі квартири, не залишаючи її (а). Додаткові функції — місце для відпочинку, трибуна тощо.

2. Підсистеми об'єктів

Каша — крупинки, вода, масло...

Статуя — постамент, елементи тіла й одягу...

Балкон — майданчик, перила...

3. Надсистеми об'єктів

Для каші — продукти харчування, кухонний посуд, плита...

Для статуї — парк, виставка, топильний цех або кар'єр, де добувають мармур...

Для балкона — поверх, будівля, місто, будівельний майданчик...

4. Ознаки об'єктів

Каша — гречана, гаряча, в'язка...

Статуя — мармурова, біла, зігнута...

Балкон — відкритий, легкий, сонячний...

5. «Емоційний» стан об'єкта

Каша — пихкати, переливатися, підгоряти...

Статуя — колихнутися, «напружуватися», розбитися...

Балкон — будуватися, падати, бути залитим...

6 і 7. З відкритого балкона поширювався такий запах гречаної каші, що навіть холодна статуя здригнулася. «Стоїш тут, як статуя, підпираєш цей нахабно випнутий балкон своїми плечима, — тужливо подумала вона, — а тобі навіть ложки каші не запропонують!». Випрямившись, статуя однією рукою схопилася за перила балкона, а другою потягнулася по кашу. Але старий балкон не був розрахований на вагу кам'яної статуї, тож обвалився разом із кашею. Падаючи, балкон не лише сам розсипався кашею, але й розколов статую. Довго розгрібали будівельники кашу з уламків балкона й статуї.

Потім зробили новий балкон і прикрасили його розмеленими на кашу уламками мармурової статуї. А з залишків засохлої каші хлопчик зліпив будиночок із балконом і кінну статую індійця.

Мораль: і балкон, і статуя були б цілі, якби не запахло кашею...

Виконання цієї вправи можна розглядати як елементарну модель творчого процесу, оскільки створені розповіді мають новизну найперше для самих авторів. З прикладу добре видно, як алгоритм, слугуючи лише інструментальною функцією, активізує «збір» інформації про об'єкти й видобуває з пам'яті наявні знання. А великий обсяг матеріалу допомагає вибирати й комбінувати «заготовки» в речення.

На цій особливості алгоритму часто наголошують ті, хто його використовує під час роботи за схемою: «в голові виникають несподівані думки», і з непов'язаної інформації народжується оригінальний задум.

8.2.6. ВЧИМОСЯ СТАВИТИ ЗАПИТАННЯ СИСТЕМНО

*— Ти старий, — каже син, — у поважних роках,
Гостре око навряд чи ти маєш.*

Але що за чуднота: в'юна сторчака

Ти на носі спокійно тримаєш!

Льюїс Керролл «Аліса в Дивокраї»

(переклад В. Наріжної)

Пізнання починається із запитання, адже саме запитання можна окреслити як ключовий прийом, що стимулює не тільки мислення, а й уяву. Дуже люблять ставити запитання дошкільники, але з віком у багатьох дітей ця форма інтелектуальної активності часто знижується.

Активна самостійна робота думки починається лише тоді, коли перед дитиною виникає проблема, запитання: формулювання запитань свідчить про розуміння завдання.

Запитання можна поділити на дві великі групи.

1. *Уточнювальні (прямі, або «чи»-запитання)*: «Чи правильно, що...? Чи варто створювати...? Чи мусить...?». Уточнювальні запитання можуть бути простими та складними. Прості запитання можна поділити на дві групи — умовні й безумовні. Наведемо приклади: «Чи правда, що в тебе вдома живе папужка?» — просте безумовне запитання; «А якщо папужка сидить настобурчений і не їсть, то він хворий?» — просте умовне запитання.

Складними називають запитання, що фактично поєднують у собі декілька. Наприклад: «Чи гратимеш ти в комп'ютерні ігри з хлопцями, чи ж тобі більше до вподоби самотійна гра?».

2. *Доповнювальні (невизначені, непрямі запитання)*. Вони зазвичай містять слова «де», «коли», «хто», «що», «чому», «які» тощо. Ці запитання також можуть бути простими й складними. Наприклад, запитання «Де може рости намальована тобою квітка?» — просте, спрямоване на заповнення прогалин у знаннях. А запитання «Хто, коли й де може посадити цю квітку?» — приклад складного запитання. Як бачимо, його легко можна поділити на три самотійні запитання.

Запитання цих двох груп можуть бути логічно коректними та некоректними. Перші — це запитання, що їх ставлять на основі правдивої початкової інформації. Логічно некоректними називають запитання в тих випадках, коли людина, що запитує, не знає про недостовірність інформації, виходячи з якої ставить запитання. Якщо ж вона знає про це й однаково озвучує його, свідомо провокуючи співрозмовника, то таке запитання називають провокаційним (схема 8.2. стор.130).

Як же навчити дітей ставити логічно коректні запитання? І ставити не «просто», а системно? Допомогти в цьому може функційно-системний підхід. Якщо розглядати об'єкти як системи, то можна послідовно, послугуючись поняттями такого підходу,

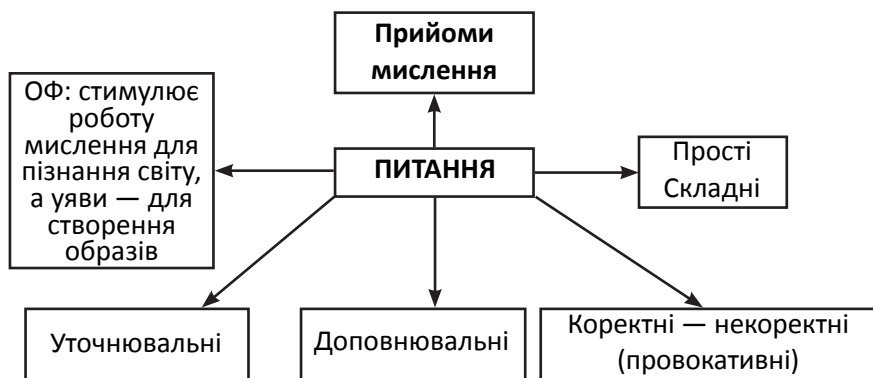


Схема 8.2. Поняття «запитання» як система

формулювати запитання, що відображають не лише властивості й ознаки об'єкта, а також його зв'язки з навколишнім світом.

Запитання можуть бути пов'язані:

1. *З функцією об'єкта.* Це запитання на зразок: «Для чого був створений цей об'єкт? Що він робить?». Старші діти можуть сформулювати запитання й у такій формі: «Яку потребу він задовольняє?».

Функційний аналіз можна застосувати не лише до матеріальних об'єктів, а й до будь-якої штучної системи: вид мистецтва, мода, реклама... Зокрема, В. Я. Пропп, вивчаючи структуру народної казки, запропонував використовувати функційний аналіз для літературних творів: якщо розглядати образ як систему, то функцію розумітимемо як конкретні дії й учинки героя, через які розкривається його образ (Пропп, 1969).

2. *З можливими надсистемами.* Надсистемами для нашого об'єкта є всі зовнішні об'єкти, частиною яких він може бути. Для літературного твору це, наприклад, місцевість або географічний пункт, де розташований об'єкт; будинок, де відбувається дія; природне й соціальне середовище тощо.

3. *З підсистемами об'єкта,* тобто частинами, з яких він складається. Разом із підсистемами об'єкта можна також роз-

глядати його властивості й ознаки. Для літературного героя це можуть бути риси характеру, звички та інші ознаки, що характеризують його образ і стан.

Ось приклади можливих запитань до вправи «Створити “образ” літери».

До поняття «функція». Для чого потрібна літера? Що вона вміє робити? З яким звуком дружить? Яку роль може виконувати ще? Чим любить займатися? Чи любить вона пусувати?..

До поняття «надсистема». Яка адреса в літери? Де вона живе, з якими літерами дружить? Куди любить ходити гуляти? У яких словах трапляється? Як змінюється залежно від того, де міститься? Які предмети схожі на цю літеру?

До поняття «підсистема». Який характер у літери — весела вона чи сумна? Одягові якого кольору віддає перевагу? Чим схожа на інші літери?

І таке інше.

Функційно-системний підхід допомагає також системно ставити доповнювальні запитання. Спираючись на запропоновану схему функційно-системного підходу (схема 8.3), «поставити запитання» зможуть навіть інтелектуально пасивні діти. А щоб



Схема 8.3. Формулювання системних запитань

активізувати їх і підштовхнути до самостійного формулювання запитань, починайте нову тему з потреби — виявлення проблемної ситуації, для розв'язання якої слід вивчити цей матеріал.

Щоб дати детальніший опис предмета, можна запитати, якого він кольору й форми, великий чи малий (порівняно з якими іншими предметами)? З якого матеріалу виготовлений? Природний це матеріал чи штучний? Який він на дотик — холодний, гладенький? Для дітей-школярів можна, запитуючи, у якому стані предмет, увести таке поняття, як «агрегатний стан». Де предмет може бути розташований? Які почуття він у тебе викликає? Чи зміниться це почуття, якщо зміниться предмет?

Такі запитання допомагають дітям зрозуміти логіку їх (запитань) появи, тож школярі швидко вчаться ставити їх системно. Принцип систематизації запитань можна використати під час виконання будь-якого завдання й розкриття будь-якої теми.

Застосовуючи інструменти ТРВЗ, зручну систему запитань для опису картинок розробили І. М. Мурашківська й Н. П. Валюмс — вчительки з Латвії. «Картинки без запинки»¹⁸ — так назвали вони свою методику, заклавши в неї інструментальність кожного кроку, його вмотивованість із погляду дітей і можливість використання на інших заняттях.

¹⁸ Див.: Мурашківська І. Н., Валюмс Н. П. Картинки без запинки. *Это интересно*. URL: <http://mamatanya.narod.ru/interesting/pictures.html>

8.2.7. Пошук можливих причин

*Капелюшник перший порушив мовчанку.
— Яке сьогодні число? — звернувся він до Аліси,
добувши з кишені годинника. Він дивився на нього
тривожними очима, тоді струснув ним і приклав до вуха.
— Четверте, — хвильку подумавши, мовила Аліса.
— На два дні відстає, — зітхнув Капелюшник, і додав,
світячи лихими очима на Шаленого Зайця:
— Я ж тебе застерігав: масло не годиться для годинників.*

Льюїс Керрол «Аліса в Країні Чудес»
(переклад В. Корнієнка)

Опишіть будь-яку цілком природну ситуацію з несподіваним кінцем. Поясніть такий фінал кількома версіями, навіть фантастичними. Шукаючи причини, використовуйте ознаки, пов'язані з «підсистемою» (об'єкт, його стани та інше), «надсистемою» (побут, транспорт тощо), з іншими системами, не забувайте про тимчасові ресурси системи — у минулому або в майбутньому.

Приклад. Я запросила гостей на ювілей. Коли вони прийшли, мене не було вдома.

Серед звичних для такої ситуації причин (затримали на роботі; коли робила зачіску, в перукарні вимкнули воду та світло; упала на вулиці; викликали в школу до сина тощо) були й такі:

- Гості переплутали дату й прийшли іншого дня.
- Я запрошувала гостей на ювілей, а вони прийшли на звичайний день народження.
- Я поміняла квартиру, а гості прийшли за старою адресою.
- Зателефонував із вокзалу коханий: одну годину в місті проїздом...
- Познайомилася з таким інопланетянином...

- Інопланетяни запропонували подарунок — показати свою планету, обіцяли повернутися за секунду.
- Брала участь у затриманні небезпечного злочинця.
(Група викладачів із м. Тирасполя, Молдова.)

8.2.8. Думки іншими словами

— Скажіть, а що воно таке — Що таке куралеси? — спитала Аліса талася Аня не тому, що їй дуже не з цікавості, а через те, що кортіло це знати, а тому, що Додо значливо замовк — ма- Дронт зупинився, ніби вважаючи, що хто-небудь повинен якого, здається, ніхто не зби- заговорити, а слухачі в той час рався ставити. мовчали.

Льюїс Керрол

«Аліса в Країні Чудес»

(переклад В. Корнієнка)

Льюїс Керрол

«Аліса в Країні Чудес»

(переклад Л. Александронець)

Для виконання цього завдання беруть фразу, складність і зміст якої визначають віком учасників і поставленою метою (вікторини, урок літератури або логіки). Потрібно запропонувати кілька варіантів передавання думки іншими словами, водночас бажано, щоб ті самі слова не повторювалися. Варто також стежити, щоб не було спотворено зміст висловлювання.

Приклад. Я завжди впевнений у правильності своїх суджень.

Іншими словами:

- Я ніколи не погоджуюся з аргументами опонента.
 - Я завжди сперечаюся до перемоги.
 - Мене неможливо ні в чому переконати.
 - Мені хочеться, щоб мене завжди вважали правим.
 - Я переконаний: якщо останнє слово буде за мною, всі вважатимуть мене сильною особистістю.
- І так далі.

Цю вправу можна розглядати як частину вправи «Вигадати розповідь» (див. підпункт 8.2.5).

8.2.9. ДІАГНОСТИКА РОЗВИТКУ СИСТЕМНОСТІ МИСЛЕННЯ

Методика «Ставити якнайбільше запитань до понять, що позначають об'єкт або явище» дає змогу також оцінити результати навчального процесу та/або розвивальної роботи для дітей віком 10–11 років. Оцінити ці результати можна, проаналізувавши запитання, які в процесі виконання завдання ставлять учні (Шрагіна, 2010). Спосіб оцінки ґрунтується на визначенні поняття «система» як сукупності взаємодійних елементів, що призначені для виконання певної функції й формують шляхом свого об'єднання нову системну властивість, якою не володіють елементи в складі системи.

Поставлені учнями запитання можна поділити на дві групи: а) загальні запитання, відповіді на які не мають істотної інформації про вказане явище або об'єкт;

б) «системні» запитання, пов'язані з такими категоріями:

- функція (значення, використання, роль) об'єкта або явища;
 - його властивості,
- а також запитання:
- що показують зв'язок цієї системи з іншими системами й процесами (з надсистемами), супутніми вказаному явищу чи такими, до яких залучений об'єкт;
 - що відображають взаємозв'язки цієї системи з людиною;
 - що відображають взаємозв'язки між підсистемами (елементами системи).

Такий підхід дозволяє кількісно визначити такі показники мислення, як його глибина й ширина, і вже за ними робити висновки про системність мислення.

Під час опрацювання результатів експерименту було підраховано кількість усіх поставлених запитань, кількість системних запитань, а також виміряно ширину, глибину й системність мислення. Ці параметри розуміємо так:

1. *Ширина мислення* — кількість залучених категорій запитань, що зазначені вище.

2. *Глибина мислення* — кількість поставлених запитань за всіма категоріями.

3. *Системність мислення* — добуток ширини мислення та його глибини.

У ході проведеного експерименту звертали увагу також на категоріальну глибину мислення кожного учня — відношення кількості запитань за кожною з категорій до загальної кількості використаних ним категорій, — але в цій праці ми розглянемо лише інтегративні показники.

Аналіз результатів продемонструємо на найкращому прикладі виконання завдання «Поставити якнайбільше запитань до явища “дощ”». Нижче наведено запитання учня експериментального класу Ігоря П., а в дужках — категорії, до яких вони були зараховані.

1. Чому випаровуються краплі дощу? (Властивість.)
2. Коли випаровується вода? (Підсистемне.)
3. Як вона випаровується? (Підсистемне.)
4. Для чого вона випаровується? (Загальне.)
5. Чому інколи люди радіють, коли починається дощ, а часом — ні? (Зв'язок із людиною.)
6. У якому місці випаровується вода: високо в небі чи ближче до землі? (Зв'язок з іншими системами.)
7. Чому краплі падають на землю? (Властивість.)
8. Чому виникає град? (Властивість.)
9. З чого він виникає? (Загальне.)
10. Чому, коли краплі падають на землю, це здебільшого дає користь? (Роль.)
11. Кому або чому дає користь дощ? (Роль.)
12. Чому дощ буває сильний, мрячний? (Властивість.)

13. Чому дощ (хмари) рухаються? (Зв'язок з іншими системами.)

14. Чому в деяких містах дощів не буває взагалі або вони йдуть дуже рідко? (Зв'язок з іншими явищами.)

15. Як усе це відбувається? (Загальне.)

Усього запитань — 15.

Загальних — 3.

Широта мислення — 5.

Глибина мислення — 12, зокрема за категоріями:

- пов'язані з функцією — 2;
- пов'язані з властивостями — 4;
- пов'язані з надсистемами — 3;
- взаємозв'язок цієї системи з людиною — 1;
- взаємозв'язок між підсистемами — 2.

Системність мислення — $12 \times 5 = 60$.

8.3. Вчимося ФОРМУЛЮВАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

8.3.1. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ШТУЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

— *Говори по-людськи!* — перепинило його Орля.

— *Я і половини цієї абракадабри не розумію, та й ти сам, певно, не знаєш, що говориш!*

Льюїс Керролл «Аліса в Країні Чудес»

(переклад Г. Бушиної)

З цим доволі складним завданням легко впоратися, якщо для його виконання усвідомлено застосувати елементи системного підходу (схема 8.4 стор. 136). Щоб дати визначення штучним об'єктам, використайте алгоритм, поданий на схемі, й виконайте наступні дії в такій послідовності:

1. Визначте надсистему, до якої входить об'єкт.
2. Назвіть основну функцію, що її виконує цей об'єкт.

3. Виокремте ті істотні властивості й ознаки, які відрізняють цей об'єкт від інших, що входять до цієї надсистеми. Це можуть бути:

- форма;
- частини, з яких складається об'єкт;
- розмір;
- інколи матеріал, із якого виготовлено об'єкт¹⁹.

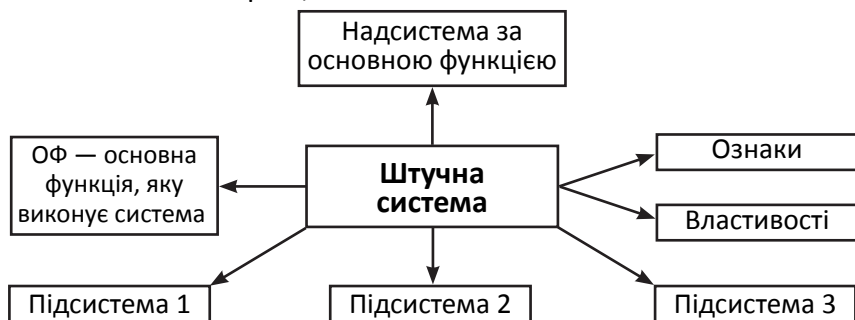


Схема 8.4. Формулювання визначення понять

Надалі, розглядаючи якийсь об'єкт, будемо бачити його як систему.

У кінцевому варіанті для отримання короткої форми визначення поняття порядок слів можна змінити.

Наприклад, **посудина** — контейнер для сипких і рідких речовин.

Поняття «посудина» є «надсистемою» для понять «горщик», «казан», «казанок», «склянка», чашка» тощо.

Горщик — посудина округлої форми для зберігання й приготування їжі, зроблена з глини.

¹⁹ З навчальною метою, для уникнення плутанини та зайвих дискусій, для визначення поняття використовуйте ті ознаки й властивості визначеного об'єкта, що були для нього визначальними на момент його створення. Склянку, наприклад, виготовляли тільки зі скла, вона була циліндричної форми. Тарілки були тільки круглі тощо. Пластмасові конічні склянки, як і капелюх-казанок, — це вже назви за аналогіями.

Порівнюємо точність визначень, отриманих за алгоритмом, із визначенням понять в академічному тлумачному словнику²⁰:

Горщик — глиняний посуд, у якому варять їжу. У визначенні серед істотних ознак указано матеріал, оскільки спочатку горщик виготовляли з глини.

Казан — металева, переважно округлої форми, посудина (звичайно з відкритою верхньою частиною) для варіння їжі, кип'ятіння води тощо. З істотних ознак важливі розмір і форма, оскільки розмір відрізняє казан від казанка.

Казанок — невелика металева посудина з дужкою та глибокою накривкою, у якій варять страву в польових умовах або з якої їдять.

Ніж — знаряддя, інструмент для різання, що складається з леза та ручки. Істотними ознаками, що відрізняють ніж від інших інструментів для різання, є наявність підсистем — лише леза й ручки.

Оселедниця — посудина довгастої форми для оселедців. Істотна ознака — форма.

Наведений вище алгоритм можна використовувати для завдань іншого типу, де потрібно дати не лаконічне (наукове) визначення поняття, а розгорнутий опис предмета.

Наприклад, **табурет** — предмет, призначений для сидіння, що складається з пласкої горизонтальної поверхні (сидіння) круглої або квадратної форми діаметром (довжиною сторони) 25–30 см і товщиною 1–2 см та не менше трьох циліндричних, конічних або прямокутних ніжок довжиною 50–70 см. Матеріал для виготовлення, колір та інші неістотні ознаки можуть варіюватися.

8.3.2. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ БАГАТОЗНАЧНИХ ПОНЯТЬ

Соціальний досвід кожної людини унікальний, і виражається він зокрема в її «активному» мовленні. Стикаючись із поняттям,

²⁰ Див.: Словник української мови : в 11 томах. Київ : Наукова думка, 1979–1980. URL: <https://sum.in.ua/>

що не має однозначного визначення, людина «вкладає» в його розуміння індивідуальний досвід.

Щоб розкрити зміст складних і багатозначних понять, тобто той індивідуальний зміст, що його «вкладає» в це поняття кожна людина, можна використати метод генерування асоціацій. Процес генерування асоціацій, що відображає особистий досвід і знання, демонструє уявлення конкретної людини про зв'язок цього поняття з навколишнім світом і дає змогу глибше пізнати його суть.

Необхідність розкрити зміст багатозначних понять у ході засвоєння нового навчального матеріалу виникає досить часто, особливо під час вивчення гуманітарних наук. Такі ситуації можна ефективно використовувати для розвитку мислення учнів, до того ж залучати до цього процесу всіх учнів, запропонувавши їм скористатися алгоритмом формулювання визначення багатозначних понять. Він передбачає такі кроки:

1. Запишіть поняття, що потребує визначення.
2. Запишіть у стовпчик іменники, що виникають за принципом вільних асоціацій від означеного поняття (зазвичай протягом 2–3 хв).
3. З отриманого списку виберіть ті 2–3 іменники, що, на вашу думку, якнайточніше відображають сутність поняття.
4. Використовуючи обрані слова як ключові, сформулюйте визначення опрацьовуваного поняття. У разі потреби використовуйте родо-видові відношення між поняттями.
5. Обговоріть кілька формулювань інших учнів, акцентуючи увагу на істотних і неістотних ознаках визначеного поняття.
6. На основі цих формулювань створіть синтезоване визначення поняття.

Розглянемо роботу з алгоритмом на прикладі визначення таких багатозначних понять, як «мислення» й «культура», а потім сформулюємо синтезоване визначення «культура мислення».

Поняття «мислення»

1. *Вільні асоціації, пов'язані з поняттям «мислення»:* Проблема. Логіка. Питання. Інтуїція. Правила. Успіх. Самостійність. Ерудиція. Рішення.

2. *Обрані ключові слова:* Проблема. Самостійність. Рішення.

(*Обґрунтування вибору:* Мислення необхідне, щоб розв'язати проблему. Мислення має бути незалежним, самостійним. Якщо не буде рішення, не буде результату процесу мислення.)

3. *Визначення поняття «мислення»:* **Мислення** — це процес самостійного розв'язання проблеми.

Поняття «культура»

1. *Вільні асоціації, пов'язані з поняттям «культура»:* Мистецтво. Виховання. Ерудиція. Ввічливість. Освіта. Краса. Уміння. Грамотність. Мова. Доброзичливість.

2. *Обрані ключові слова:* Виховання. Уміння. Краса.

(*Обґрунтування вибору:* Культура не виникає сама собою — необхідне навчання. Саме виховання має вивести людину на певний рівень — потрібно вміти. У тому, над чим працюєш, має бути відчуття краси як еталона, до якого слід прагнути.)

3. *Визначення поняття «культура»:* **Культура** — це результат спрямованих дій для досягнення певного рівня вміння й відчуття краси цього рівня.

Одне з синтезованих визначень:

Культура мислення — це мислення за певними правилами й здатність керувати процесом мислення для досягнення найефективнішого розв'язку проблеми та відчуття краси її розв'язання.

Скористаємося цим алгоритмом для демонстрації засвоєння базових понять психології. Часто в студентів виникають труднощі, пов'язані з тим, що терміни необхідно не просто запам'ятати, а усвідомити їхній психологічний зміст.

Багато психологічних понять, широко вживаних у повсякденному житті і, здавалося б, цілком зрозумілих, до прикладу, «уява», «мислення», «особистість», «воля», «тривожність» тощо, викликають у студентів відчуття, що вони їм відомі. Але інтуїтивно схоплені смисли часто виявляються далекими від їхнього наукового змісту.

Щоб розкрити зміст поняття за алгоритмом і залучити до цього процесу активні знання студентів, варто додатково:

- на кроці 4 визначити, до якого психічного явища (процес, властивість, стан тощо) належить певне психічне поняття, щоб використати це явище як загальніше (родове);
- на кроці 6 порівняти отримане визначення зі словниковим варіантом. Затим виявити, чи є між ними відмінності та чи є в словниковому визначенні ознака, якої бракує в самостійно сформульованому визначенні.

Саме виявлення таких ознак сприяє глибшому осмисленню змісту поняття.

Прикладами слугуватиме робота за алгоритмом із поняттями «темперамент» і «воля», виконана студентами 2-го курсу психологічного факультету. Мета цієї роботи — самооцінка якості засвоєння вже вивчених понять. Наведемо дві відповіді.

Завдання 1. РОЗКРИЙТЕ ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ТЕМПЕРАМЕНТ» ЧЕРЕЗ ЙОГО ВИЗНАЧЕННЯ.

ВІЛЬНІ АСОЦІАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНІ З ПОНЯТТЯМ «ТЕМПЕРАМЕНТ»	
Студентка Р.	Студентка М.
Особистість	Властивості
Особливість	Особливість
Гіппократ	Індивідуальність
Флегматик	Ядро

Сангвінік	Досвід
Меланхолік	Характер
Холерик	Тривожність
Психічна стійкість	Реакція
Нейротизм	Холерик
Айзенк	Кров
Динаміка	Жовч
ОБРАНІ КЛЮЧОВІ СЛОВА	
Особистість	Властивості
Особливість	Особливість
Психічна стійкість	Індивідуальність
	Динаміка
САМОСТІЙНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ «ТЕМПЕРАМЕНТ» НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ АСОЦІАЦІЙ	
Закономірне співвідношення стійких індивідуальних особливостей особистості, що характеризують різні аспекти динаміки психічної діяльності	Сукупність властивостей, що визначають індивідуальні особливості особистості
СЛОВНИКОВІ ВАРІАНТИ ПОНЯТТЯ «ТЕМПЕРАМЕНТ»	
Психічна властивість особистості, що характеризується визначенням динаміки перебігу психічних процесів	
Сукупність властивостей, що характеризують динамічні особливості перебігу психічних процесів і поведінки людини, їхню силу, швидкість, виникнення, припинення й зміну	
Природно зумовлена сукупність динамічних виявів психіки	

З аналізу рядів вільних асоціацій, пов'язаних у студенток із поняттям «темперамент», очевидно, що така істотна ознака, як «динаміка перебігу психічних процесів», не увійшла до активного

словника студентки М., тому в складеному нею формулюванні немає визначальної ознаки поняття «темперамент». У визначенні студентки Р. є надлишкові слова, якими вона намагалася замінити загальніше (родове) поняття — «психічна властивість».

Аналізуючи асоціації, що виникають у студентів від слова «темперамент», можна зробити висновок: вони не засвоїли того, що динамічність перебігу психічних процесів характеризується насамперед такими ознаками, як «швидкість» і «сила» (Меєрович, Шрагіна, 2020).

Завдання 2. Розкрийте зміст поняття «воля» через його визначення.

Вільні асоціації, пов'язані з поняттям «Воля»		
Студентка Р.	Студентка Л.	Студентка М.
Сила	Кулак	Сила
Дія	Зібраність	Поведінка
Поведінка	Реакція	Регуляція
Рішення	Здатність	Свідомість
Перешкода	Самовладання	Дія
Рішучість	Стимул	Упевненість
Мета	Активність	Самовладання
Здатність	Рішучість	Відповідальність
Обрані ключові слова		
Здатність	Зібраність	Поведінка
Дія	Реакція	Регуляція
Мета	Здатність	Свідомість
Перешкода	Стимул	

Визначення на основі «ключових» асоціацій		
Воля — здатність людини діяти в напрямі свідомо поставленої мети, долаючи водночас внутрішні перешкоди (свої безпосередні бажання й прагнення)	Здатність людини сконцентровано реагувати на стимули	Свідоме керування й регуляція своєї поведінки
Словниковий варіант поняття «Воля»		
Свідомо організатор і саморегуляція людиною своєї діяльності й поведінки, спрямована на подолання труднощів під час досягнення поставленої мети		

Аналіз визначень, запропонованих студентками Л. і М., засвідчив, що в них немає основного критерію поняття «воля» — спрямованості на подолання труднощів. Але ж воля саме тоді й виявляється, коли людина стикається з труднощами на шляху до мети й знаходить у собі сили їх подолати.

Робота за алгоритмом отримала позитивну оцінку студентів, які вказували, що в процесі виконання завдання в такий спосіб відбувається осмислення й запам'ятовування досліджуваних понять. Запропонована методика також дозволяє студентам провести самооцінку якості засвоєння конкретної вивченої теми.

Працюючи за алгоритмом, студенти формулюють власну думку й водночас, уточнюючи та порівнюючи свої формулювання зі словниковими варіантами, виявляють ознаки, які вони не усвідомлювали або які залишалися поза увагою в досвіді осмислення певного поняття. Отже, така інтелектуальна навчальна діяльність забезпечує усвідомлене й кероване залучення нових істотних компонентів до змісту поняття, поповнюючи й збагачуючи ту систему знань, що вже наявні в навчальному досвіді (Меєрович, Шрагина, 2020).

Релігійний, містичний і філософський підходи до розкриття змісту поняття висвітлюються через обговорення або перетворюються на серйозні дослідження, що містять історичний аналіз. Форма такого повідомлення може бути будь-яка, зокрема й жартівлива:

Якось ви зайшли на кухню й у вас виникли особливі відчуття. Ви починаєте бачити те, на що раніше ніколи не зважали: скажімо, чайник — це форма існування жахливого чудовиська з великим носом і в капелюсі. Від злості він починає свистіти, шуміти й пускати пару з носа й з-під капелюха. А іноді від люті чудовисько навіть стрибає по плиті. І ви розумієте, що сердиться воно недарма — ви не можете пояснити чому, ви просто зрозуміли!

І похапцем залишена відьмою мітла, що раптом з'явилася на кухні (до речі, на чому ж відьма полетіла?!). Поважний огрядний табурет усім своїм виглядом показує, що він частина матерії, тобто об'єктивна реальність, дана вам у відчуттях і створена реальним суб'єктом, щоб задовольнити вашу найважливішу потребу у фізичному комфорті.

Але чому ж так поспішно зникла відьма? Знову ви просто відчуваєте, розумієте ті сили, яким вона не змогла протистояти: їх випромінює СКЛЯНКА. Колись хтось, надміру натхненний, пробудився вночі й створив її. Предками склянки користувалися всі святі й великомученики, навіть Ісус Христос. Стільки століть минуло відтоді, та її функції не змінилися. Склянка як продукт генія залишається актуальною й доцільною донині.

8.3.3. ПАРАДОКСАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ (КОНСТРУЮВАННЯ ОКСИМОРОНА)

Для будь-якого творчого процесу дуже важливим є вміння перетворювати звичне на незвичне. Яскравою метафорою можна назвати стилістичну фігуру оксиморон, що дає змогу,

поєднуючи протилежні властивості об'єкта, розкрити зміст поняття парадоксально.

Зважаючи на те, що парадокс — це одночасне ствердження й заперечення того самого поняття (об'єкта, явища, стану чи властивості) з безліччю істотних ознак, пропонуємо такий *алгоритм конструювання оксиморона*:

1. Оберіть поняття, коротко схарактеризуйте його.
2. Визначте його істотні ознаки (до них можуть належати й функції об'єкта, й принцип його дії), запишіть їх у стовпчик.
3. Доберіть до істотних ознак антоніми — поняття, протилежні за змістом (до певних ознак це можуть бути антисистеми, тобто об'єкти, що виконують протилежні дії).
4. Доберіть антоніми, що утворюють парадоксальну конструкцію з обраним поняттям.
5. З отриманого списку протилежних за змістом пар оберіть ті, що утворюють удале парадоксальне визначення опрацьованого поняття.
6. Методом перебирання варіантів створіть кілька поєднань істотних ознак та антонімів, відберіть об'єкти, що визначаються такими поєднаннями. Використовуючи ланцюжок асоціацій, доберіть до потрібного поняття, його істотних ознак та їхніх антонімів кілька яскравих метафор.

Застосуємо цей алгоритм для створення оксиморонів таких понять, як «вода», «трикутник» і «ген».

Приклад: вода

1. Одна з основних функцій — підтримання життя на Землі. З води вийшли й акліматизувалися на суші живі істоти. Вода в природі здійснює колообіг, випадаючи у вигляді дощу та снігу й випаровуючись із поверхні. Під час замерзання вода розширюється.

2. Істотні ознаки	3. Антоніми
Підтримує життя	Вбиває життя (антиречовина)
Випаровується	Конденсується
Рідка	Тверда
Замерзає за 0 °C	Не замерзає взагалі (або замерзає за +100 °C)
Прозора	Каламутна (непроникна для світла)
Без смаку	Смачна
Без запаху	Має запах
Мокра	Суха

4. З функції антиречовини отримуємо добре відому з казок «мертву воду». Тверда вода теж відома — це лід. Але вже відкрито суху воду — кристалічний порошок, що перетворюється на воду за певної температури; таку воду дуже зручно зберігати й транспортувати. Ароматна вода, смачна вода — прикладів чимало.

5. Тверда рідина — так можна визначити властивість рідин не стискуватися — дуже широко застосовується в техніці.

Прозора непроникність — це можуть бути й поляризоване скло, через яке світло проникає тільки в один бік, і пастка для світла: промені світла віддзеркалюються від внутрішньої поверхні доти, доки не потраплять у потрібну точку; і навіть дзеркало, у якому ви ніби бачите себе з «того» боку.

6. Рідкий запах (не плутати з водою, що пахне!) — це дезодорант, дихлофос або будь-який інший аерозоль у балончиках.

Твердий запах — це нафталін та інші речовини, що випаровуються, не переходячи в рідкий стан. Можна створити й «твердий антизапах» — поглинач запаху, фільтр.

Смачна замерзлість — звісно, морозиво.

7. Речовина, необхідна для підтримання життя на Землі, здійснює колообіг. Циркулює так само, як і кров в організмі людини.

Вода — кров Землі.

Живі істоти з'явилися з води. Отже, вода — матір життя.

Дощ — небесні сльози.

Приклад: трикутник

1. Замкнута частина площини, обмежена з трьох сторін, із трьома кутами. Мінімальна геометрична фігура: будь-який багатокутник можна розглядати як сполучення трикутників.

2. Істотні ознаки	3. Антоніми
Три сторони	Одна сторона, багато сторін
Три кути	Один кут, багато кутів
Сума кутів дорівнює 180°	Сума кутів дорівнює 0° або нескінченності
Плоска фігура	Об'ємна фігура
Замкнута фігура	Розімкнута фігура

4. Однобічний трикутник — трикутна грань, наприклад, шліфованого дорогоцінного каменю; проєкція трикутної призми або піраміди на площину основи.

Трикутник з одним кутом — так можна назвати кут зору (від очей до об'єкту).

Об'ємний трикутник — трикутні призма або піраміда.

Розімкнутий трикутник — ситуація, куди потрапляють він і вона, а третя сторона виходить із гри.

5. Однокутна трикутність — наконечник стріли або списа.

Багатокутна трикутність — колесо каруселі.

Пласка об'ємність — креслення, малюнок, картина, фотографія.

6. Нульова трикутність — це пряма.

Нульова площинність (тресторонність) — це крапка.

7. Будь-який багатокутник можна вважати «колективом» трикутників. Відповідно, кожен трикутник є членом «колективу», «родини» або «дитиною» багатокутника.

Мінібагатокутник. Основна мінімальність — усі властивості багатокутників можна вивчати, розкладаючи їх на трикутники.

Приклад: ген

1. Одиниця передавання спадкової інформації, її певної ознаки. Є частиною хромосоми.

2. Істотні ознаки	3. Антоніми
Одиниця збереження	Безрозмірність передачі спадковості
Носій ознаки	Безособовість
Унікальний	Серійний

4. Серійний ген.

5. Безрозмірна одиниця. Унікальна серійність. Серійна унікальність.

6. Одиначна серійність. Унікальна безрозмірність. Безлика одиниця. Серійна одиниця.

7. За основним визначенням ген — це одиниця спадковості.

Якщо врахувати, що передається він не повсякчас, а періодично, від батьків до дітей, то його можна назвати «переривчастою безперервністю». Звідси за асоціацією виникає уявлення про покоління людей, про генеалогічне дерево тощо.

Термін «серійний» наводить на думку про технологічний процес, можливість удосконалення — генна інженерія.

Ще одна метафора — закодоване життя.

Для понять, які визначають через єдину ознаку або які мають декілька яскраво виражених для сприйняття людиною ознак, робота з алгоритмом зводиться до добору антонімів цього поняття: наприклад, *солодка гіркота, учена дурість, одружений парубок,*

багата бідність, добра злість, крижане полум'я, дружелюбний ворог, гіркий мед, німа мова, сумна радість, брехлива правда, правдива брехня.

Застосовуючи алгоритм для формулювання парадоксальних визначень складних явищ, учні починають розуміти, що така «суперечність» — двоїстий стан будь-якого явища, де відображені його протилежні тенденції. Так, за допомогою алгоритму вони дійшли таких парадоксальних визначень:

Творчість — солодка каторга, невпевнена впевненість.

Педагогіка — юна древність.

Навчання — безрозмірна площа, спустошлива надмірність, недосяжна досяжність.

Кохання — радісний смуток.

Яйце — тендітна твердість, скута розкутість.

Робота з поняттями за алгоритмом сприяє глибшому їх розумінню, дає змогу встановити нові взаємозв'язки з іншими об'єктами, допомагає побачити незвичайне в повсякденному й дати оригінальне визначення цьому поняттю.

Як ще один приклад наведемо результат вправи, проведеної на лекції з курсу «Вікова психологія» на тему «Психологічні особливості підлітків». Вправу застосовували для усвідомлення студентами суперечливості психологічних станів, характеру й поведінки підлітків, яким властива особистісна нестабільність і суперечливість характеру (Шрагіна, Бакуменко, 2009).

Ось як студенти визначили поняття «**підліток**» через оксимо-рон: *незрілий стариган, скромна розбещеність, раціональна нерозсудливість, відчужена близькість, романтичний скептик, самовпевнена боязкість, доросла дитина, крижане полум'я, штормовий штиль, самовпевнена невпевненість, розкута сором'язливість, конформний індивідуалізм, залежна незалежність.*

8.3.4. МЕТАФОРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Справжня метафора багатопланова, тобто має багато смислів, адже, як уважає італійський казкар Джанні Родарі, справжньої творчості без певної дешифрувальності не буває (Родарі, 1990). Механізм конструювання метафори можна показати як послідовність розумових операцій, де на першому етапі виникає авторський задум і відбувається пошук об'єкта (основи метафори), що дозволяє авторові виразити свою ідею. Водночас за асоціацією виникають образи й поняття, з яких автор обирає ті, що працюють на його задум.

На другому етапі відбувається вибір допоміжного об'єкта, що є образним компонентом. Тут і виникає основна складність: з чим порівнювати основу метафори? Яке зробити припущення? У якому слові знайти потенційно закладену силу, що руйнує межі неможливого, здатна наблизити віддалене й возвеличити повсякденне, розповісти про нього новим, незвичним способом? Саме допоміжний об'єкт через можливість припущення «якби» викликає у свідомості образно-асоціативні комплекси.

І, нарешті, третій етап — синтез: створення в уяві «ідеальної реальності» для отримання нового значеннєвого результату з багатоплановими асоціаціями. Метафора як словесна конструкція має словесне вираження, де поєднані об'єкти, несумісні в реальному житті. Саме в цій «взаємодії несумісностей», а точніше, між їхніми ознаками й супутніми до них асоціативними комплексами, створюється новий об'ємний значеннєвий образ, що реалізує задум автора.

Отже, щоб витворити метафору, у розумовому процесі слід задіяти такі риси творчого мислення, як гнучкість і здатність до перенесення (аналогізування). А щоб метафора була незвичайною й гарною, необхідна оригінальність як здатність по-новому поглянути на речі та сприйнятливості, іншими словами, бачення відтінків

і нюансів. Процес метафоризації можливий тільки за припущення можливості подібності в реальному житті непорівнюваних сутностей, тобто цей процес спирається на творчу уяву.

Процес створення метафори передбачає послідовність розумових операцій, взаємодія яких визначає креативність мислення, тому здатність до конструювання метафори може показати рівень розвитку креативності.

Дослідження психологів і педагогів засвідчили, що усвідомлення учнями способів власного мислення сприяє підвищенню ефективності навчання. І якщо насправді «зрозуміти метафору — означає подумки простежити шлях до її створення» (Рикер, 1990, с. 420), то з погляду виявів творчої спрямованості особистості процес створення метафори можна розглядати як провідний компонент креативності, як показник її інтелектуальної активності.

Завдання «Створити художній образ предмета» — частина комплексу системи вправ із розвитку творчої уяви, що їх можна виконувати за запропонованим нижче алгоритмом. Він дає можливість, не обмежуючи «мовної особистості» в діапазоні вибору й не порушуючи тим самим суб'єктивності творчого процесу, вести цілеспрямований пошук найоригінальніших словосполучень, розширити розмаїття підходів до конструювання метафор на основі принципу системності й застосовувати їх усвідомлено. У такий спосіб можливо будувати метафори різної складності — від простих порівнянь до оригінальних художніх образів.

Алгоритм конструювання метафори можна використовувати й для усвідомленого створення метафор, і як навчальне завдання для розвитку компонентів творчого мислення. Він передбачає три етапи (кроки):

1. Виявлення ознак основного об'єкта.

Випишіть у стовпчик ознаки об'єкта — істотні й неістотні.

2. Генерування асоціацій із метою пошуку допоміжного об'єкта.

Для кожної ознаки запишіть асоціації, які вона викликає. Пошукайте ці асоціації в природі, техніці, побуті, серед казково-фантастичних персонажів та об'єктів тощо.

3. Відбір варіантів для необхідного поєднання ознак.

З усіх написаних слів оберіть ті, що допоможуть вам здійснити задум — створити художній образ об'єкта.

Роботу з алгоритмом конструювання образних аналогій покажемо на прикладі. Як основний об'єкт використаємо поняття «гіпотенуза».

Приклад: гіпотенуза

1. Випишемо в стовпчик ознаки об'єкта:

- пряма лінія;
- найдовша сторона трикутника;
- затиснута (обмежена, замкнута) катетами чи, навпаки, та, що поєднує їх;
- завжди навпроти прямого кута.

2. Запишемо асоціації, що виникають за аналогією до кожної ознаки об'єкта, й образні аналогії, пов'язані з кожною ознакою.

Асоціації, що можуть виникнути до ознаки «пряма лінія»: *промінь сонця, лінія погляду, чарівна паличка, цілеспрямованість, чесність і принциповість у поведінці, наполегливість тощо.*

3. Варіанти образних аналогій:

Принципова лінія (завжди лише навпроти прямого кута). Чарівна паличка перетворює прямий кут на трикутник. Гіпотенуза, наче весняний промінь сонця, створила трикутник і пробудила до життя геометрію.

Асоціації й образні аналогії, пов'язані з ознакою «найдовша»: *екватор, безсонна ніч в очікуванні світанку.*

Тепер можна сказати:

Екватор трикутника.

Безсонна ніч між катетами.

З ознакою «з'єднує» (у значенні «якби гіпотенуза не з'єднувала катетів, не було б трикутника») співвідносяться: *сторона, що своїми зусиллями створює трикутник, стрижень (цемент), любов, інтерес.*

Звідси можуть виникнути образні аналогії:

Третій, що не зайвий.

Опора катетів.

Любов, що створила трикутник.

Якщо розглядати гіпотенузу як «затиснуту» між двома катетами, то виникають зовсім інші аналогії: *пригноблена непохитність, затиснута натягнутість, обмежена спрямованість.*

Ознака «завжди навпроти (прямого кута)» може викликати такі асоціації: *художник навпроти мольберта, відображення в дзеркалі, один берег навпроти іншого, море навпроти неба.*

Тоді гіпотенуза — *це прямий кут у Задзеркаллі.*

У житті багато прямих кутів, але мало гіпотенуз...

Цю вправу також використовували з метою активізації творчих здібностей студентів і підвищення ефективності розуміння термінів із теми «Психосоціальний розвиток у підлітковому віці. Особливості поведінки підлітків та їхнього спілкування з дорослими» (Шрагіна, Бакуменко, 2009). Студентам пропонували самостійно метафорично визначити емоційно-поведінкові особливості підлітків.

Приклади метафоричних визначень поняття «**підліток**», запропоновані студентами: *кактус, багатокутник, повітряний змій, пластилін, їжачок, сонячне затемнення, кубик Рубіка, недосвідчений дослідник, театр одного актора, віслючок, отара баранів без пастуха, говірка устриця, підлітковий період — провесінь.*

Варто ще раз зазначити, що метафоричний процес завжди суб'єктивний, він відображає особисте ставлення автора до вибору допоміжного об'єкта. А яскравість створюваних образів визначають діапазоном об'єктів і явищ, із якими можуть бути встановлені зв'язки, а також багатством і глибиною почуттів, тобто емоційним ставленням, тому під час створення метафори дуже важливий інтелектуальний досвід автора, його індивідуальність (Шрагіна, 2010).

8.4. СТОРЕННЯ ПОЕТИЧНОГО ОБРАЗУ ЯК ШТУЧНОЇ СИСТЕМИ

Робота за алгоритмом, як показала практика його застосування на численних заняттях, сприяючи глибшому розумінню об'єктів, учить знаходити взаємозв'язки між ними й тим самим значно підвищує кількість і якість варіантів під час виконання вправ. І все ж основний ефект — вироблення навичок системного аналізу. Ці навички виявляються універсальними: вони дають змогу виявляти спільні ознаки не тільки об'єктів, а й процесів створення будь-якої штучної системи, зокрема як результат утіленого творчого процесу, художніх творів — літератури, музики, образотворчого мистецтва.

Для пошуку спільних ознак процесів створення нової системи розглянемо мінімальний склад автономної штучної системи. Вона охоплює такі елементи:

- 1) робочий орган — механізм (об'єкт, елемент), що виконує конкретну дію — функцію, для якої створюється система;
- 2) двигун (як джерело енергії) — пристрій для створення (перетворення) енергії, що дозволить робочому органу виконати конкретну дію;
- 3) трансмісія — пристрій для передачі енергії від двигуна до робочого органа;

4) орган управління — пристрій управління процесом виконання конкретної функції за визначеною програмою.

Для підвищення функційності системи до її складу можуть бути додані допоміжні елементи.

Використовуючи цю термінологію, можна порівняти моделі створення й функціювання двох штучних систем: технічної, наприклад, велосипеда ☺, і поетичного образу як продукту поетичної уяви (таблиця 8.4.1 стор. 158) (Шрагина, Меєрович, 2018).

Як бачимо, моделі процесу створення матеріальних та ідеальних систем та їх функціювання мають багато спільних ознак, що підтверджує думки багатьох видатних психологів, починаючи з В. Вундта й Т. Рібо: творчі здібності мають одну природу й можуть виявлятися в різних сферах діяльності. Те саме ми чуємо на побутовому рівні: «Якщо людина творча, то творча в усьому!».

Таблиця 8.4.1

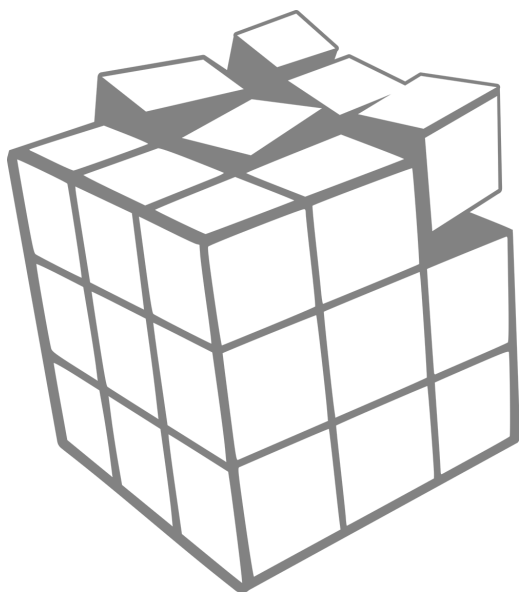
ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНОЇ СИСТЕМИ

	ВЕЛОСИПЕД	ПОЕТИЧНИЙ ОБРАЗ (У ФОРМІ ТЕКСТУ)
ПОТРЕБА	Підвищення швидкості переміщення по суші	Естетичне спілкування з навколишнім середовищем — із природними об'єктами й іншими суб'єктами з метою висловлення до них свого емоційного ставлення та/або створення нового сенсу
1. ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ У ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ		
РОБОЧИЙ ОРГАН	Колесо	Спеціально підібрані слова й структура тексту
ДВИГУН	М'язова енергія людини	Емоційно-інтелектуальна активність особистості (натхнення) в її ставленні до об'єкта, явища, іншої особистості
ТРАНСМІСІЯ	Педалі, ланцюг, шестерні	Процес відбору слів і їх структурування
ОРГАН КЕРУВАННЯ	Особистість	Особистість
ДОПОМІЖНІ ЕЛЕМЕНТИ	Рама, кермо, сидло, деталі кріплення	Синтаксичні елементи
РЕЗУЛЬТАТ — НОВА ШТУЧНА СИСТЕМА: сукупність взаємопов'язаних	Транспортний засіб, що задовольняє потребу в переміщенні по суші за допомогою м'язової сили	Матеріальна форма існування образу, що викликає емоційне ставлення і / або створює новий сенс

елементів, призна- чених для виконання основної функції, що створює своїм об'єднанням нову властивість (якість), якої не мають елементи-складники		
2. ЗА ФУНКЦІОНУВАННЯ		
РОБОЧИЙ ОРГАН	Колесо	Текст поетичного образу
Двигун	М'язова енергія людини	Інтелектуально-емоційна активність і мотивація особистості отримати емоційно-смилову (естетичну) реакцію
ТРАНСМІСІЯ	Педалі, шестерні, ланцюг, деталі кріплення	Особистісне «Я» людини-читача (слу- хача) на відповідному рівні емоційно- смисового (естетичного) розвитку
ОРГАН КЕРУВАННЯ	Людина, яка вміє їздити й управ- ляти, має мускульну силу й мету руху — через кермо	Інтелектуальна й емоційна готовність і здатність сприймати поетичний образ
РЕЗУЛЬТАТ (СИСТЕМНИЙ ЕФЕКТ)	Можливість пересуватися в за- даному напрямку з більшою швидкістю	Емоційно-смилова (естетична) реакція

Частина II

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ



Розділ 9

ПРИРОДА ФІЗИЧНОЇ СУПЕРЕЧНОСТІ

В основі технічної суперечності,
побудованої за схемою причиново-наслідкового зв'язку,
лежить суперечність фізична —
протилежні фізичні вимоги до стану об'єкта або до його параметра.
Один із цих станів забезпечує найкраще виконання
основної функції об'єкта,
а другий водночас усуває небажаний ефект.
На прикладах пошуку розв'язку низки технічних проблем показано,
що різні формулювання фізичної суперечності,
виводячи винахідника в зону сильних розв'язків,
забезпечують можливість реалізувати ідею різними способами.

Цей розділ — найважливіший і найскладніший. У ньому досить детально (наскільки нам вистачило сил! 😊) на прикладах пошуку розв'язку трьох проблем проаналізовано саме ті етапи й ті операції мислення, послідовність яких і становить технологію процесу пошуку розв'язку проблемних ситуацій. Зазвичай створюється враження, що деякі етапи можна легко й безболісно оминати. Іноді здається, що формулювання повторюються, й ці повтори виглядають зайвими та нудними.

Нудними — так. Але зайвими — ні. Тренування інтелекту, вироблення навичок ефективного мислення складніше, ніж

досягнення досконалості в будь-якому виді спорту, в будь-якій професії. Потрібні дії необхідно довести до автоматизму, але для цього вони мають бути попередньо усвідомлені й закріплені у свідомості. Тільки тоді виникає та «реакція», що дає змогу виконувати весь комплекс, не замислюючись над кожним рухом. *Адже наша мета — вибудувати нерозривний логічний ланцюжок операцій мислення від невизначеної проблемної ситуації до максимально ефективного ідеального кінцевого результату (ІКР).*

Тому не поспішайте. Кожен крок алгоритму щось змінює в розумінні проблеми, інколи вагомо, грубо й очевидно, інколи ледь-ледь, ніби зовсім непомітно. Але кожен допомагає не відійти від того напрямку, що приводить до ІКР, позбавляє, як казав Г.С. Альтшуллер, можливості робити дурниці.

І хотілося б зауважити ще одне: алгоритм не розв'язує завдання, як різець не обробляє деталі і як автомобіль не привозить водія в потрібне місце. Токар за допомогою різця обробляє деталь; водій, використовуючи автомобіль як засіб пересування, дістається до потрібного місця. Алгоритм — це теж інструмент, засіб, за допомогою якого конкретна людина розв'язує проблему. Алгоритм — це тільки компас, що вказує, куди слід іти. А от чи підете ви у правильному напрямку чи ні — ваш клопіт. І якщо, збившись на манівці, отримаєте не той результат, на який чекали, не ремствуйте на дзеркало. Воно не винне...

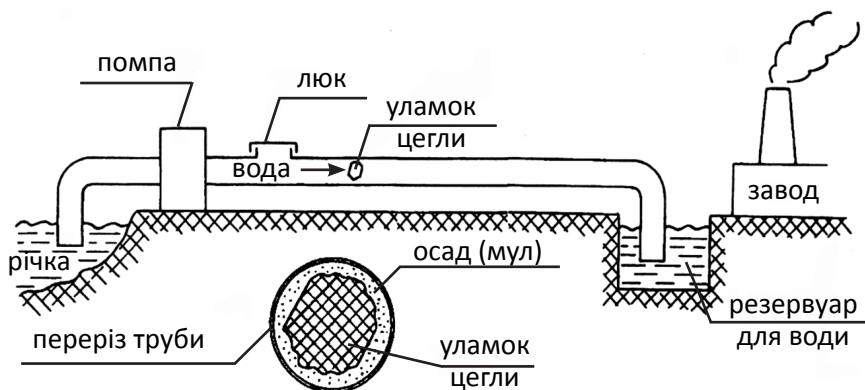
А зараз пошукаємо розв'язки проблем і навчимося користуватися цим компасом.

ПРОБЛЕМА 1. ПРО ТЕХНІЧНИЙ ВОДОПРОВІД

Промислові підприємства використовують багато води для технічних потреб, наприклад, для миття деталей, приготування розчинів тощо. Така вода не потребує спеціального вартісного очищення, адже качають її зазвичай помпою безпосередньо з

природних джерел, скажімо, річки (малюнок 9.1). Довжина трубопроводу — 1 км, усі труби однакового діаметра — 25 см, без крутих вигинів. Помпа створює такий тиск, що вода за 5хв проходить усю довжину труби від річки до заводу. Однак механічні домішки, що містяться в неочищеній воді (піщинки, мул), осідають на стінках труб і поступово засмічують їх; кількість води, що надходить, зменшується, тому водопровід варто періодично (1–2 рази на рік) від цього осаду очищати.

Для злуцення осаду запропонували закладати в труби через люк, розташований після помпи, уламки цегли з гострими кінцями. Рухаючись по трубі під тиском води, який створює помпа, вони здирають осад. Його підхоплює потік води й виносить у резервуар — відстійник біля заводу, звідки його вже легко видалити. Проте великі шматки цегли, що добре й швидко очищають трубу, інколи застрягають у щільних нашаруваннях мулу, й вибити їх надзвичайно складно. Спробували здійснювати очищення уламками меншого розміру. Вони справді не застрягають, але майже нічого не очищають — потік води вільно проносить їх по всьому трубопроводу й викидає в резервуар. Що вдіяти?



Малюнок 9.1. Схема технічного водопроводу

Проаналізуємо ситуацію відповідно до рекомендацій кроку 1 алгоритму (див. Додаток). Перша складність виникає під час визначення основної функції (ОФ) системи: досить часто її визначають як «подавання певного об'єму води на завод». Тоді небажаний ефект (HE_1) — скорочення кількості води, що надходить по трубопроводу, внаслідок його засмічення, тож мінімальне завдання формулюють або як необхідність змінити спосіб подачі води, або поповнювати нестачу.

Основна вимога ТРВЗ під час аналізу ситуації — виявити першопричину виникнення проблеми, щоб боротися саме з нею, а не з наслідками. Причиною скорочення кількості води, що подається, є засмічення труби осадом. Цю причину можна усунути двома способами: або відразу очищати воду на вході труби різними фільтрами, або видаляти осад зі стін труби. Оскільки для виробництва достатньою є технічна вода, то у фільтруванні немає потреби, до того ж воно буде дорогим. Якщо ж періодично видаляти осад (що, до речі, й намагалися робити на заводі за допомогою великих уламків цегли), то потік води не зменшиться. Отже, розв'язувати слід саме це мінімальне завдання — як очистити трубу. Проблема звужується, ситуація набуває конкретніших рис.

Продовжимо аналіз. Для очищення труби використовують великі уламки цегли, що чудово виконують покладену на них функцію — здирати осад із внутрішніх стінок труби, але водночас застрягають. Зважаючи на визначення мінізавдання «Все залишається без змін, а небажаний ефект зникає», сформулюємо крок 1.

Крок 1. Технічна система для очищення внутрішніх стінок труби від осаду піску та мулу через здирання осаду гострими кутами великого уламка цегли під час його руху по трубі під тиском води складається з труби, великого уламка цегли, осаду, води та помпи. У процесі очищення виникає небажаний ефект (HE_1) — великі уламки застрягають.

Щоб усунути застрягання великого уламка, можна використувати як засіб усунення (ЗУ) дрібні уламки. Однак під час використання дрібних уламків виникає новий небажаний ефект (HE_2) — вони не очищають труби від осаду.

Побудуємо схему завдання:

ОФ — очищення труби від піску та мулу.

ПД — застосування великих уламків цегли.

Склад системи: вода, осад, помпа, великий уламок цегли, труба.

HE_1 — застрягання великого уламка цегли в осаді.

ЗУ — застосування дрібних уламків цегли.

HE_2 — не відбувається очищення.

Визначимо протилежні стани технічної суперечності:

$$T\bar{C}n_1: ЗУ \rightarrow \overline{HE_1} \rightarrow HE_2.$$

Якщо для очищення труби використовувати дрібні уламки цегли, то вони не застрягатимуть в осаді, але й не очищатимуть внутрішньої поверхні труби.

$$T\bar{C}n_2: \overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} \rightarrow HE_1.$$

Якщо ж для очищення труби не застосовувати дрібних уламків цегли, то очищення відбуватиметься, але збережеться застрягання великих уламків. (Під час формулювання $T\bar{C}n_2$ й далі варто звертати увагу на те, що відсутність ЗУ означає не його заперечення взагалі, а «заперечення заперечення», тобто застосування замість нього того елемента системи або параметра, що створює HE_1 . У ході розв'язування цієї проблеми, зокрема, «не застосовувати дрібних уламків цегли» означає, що потрібно скористатися великими уламками.)

Крок 2. Формулювання винахідницького завдання:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} + \overline{HE_1}.$$

Не використовуючи дрібних уламків цегли (а тільки великі!) й забезпечуючи тим самим якісне очищення, усунути їх застрягання в цьому осаді.

Після трактування винахідницького завдання зробимо короткі висновки.

Ідеальний розв'язок (ІР) передбачає, що змін у системі немає взагалі або вони мінімальні, а шкідливу властивість усунено. А щоб система «не помітила» навіть мінімальних змін, варто досягти виконання потрібної основної функції (ОФ), зберігаючи закладений у систему принцип дії (ПД). Це й буде мінізавдання.

Проблема технічного водопроводу — цілком конкретне завдання, де технічна суперечність (ТСП) виглядає чітко: великий уламок цегли добре чистить, але застрягає, а дрібні уламки не застрягають, проте погано чистять. Трактування завдання у варіанті «або — або» нараз усуває можливість компромісу — вибору уламків середніх розмірів, що й не застрягнуть, і якимось чиститимуть. А вимога ТРВЗ — основна функція (ОФ) має працювати якнайкраще! — взагалі залишає єдиний варіант: лише великі! І винахідницьке завдання зведено, по суті, до умови: великі уламки, що добре чистять, не повинні застрягати.

Такий підхід, різко загострюючи ситуацію, так само різко звужує поле пошуку розв'язку. Відразу відкинуто інші варіанти: якимось компенсувати недостатню кількість води, змінити спосіб її подавання, використовувати інші методи очищення... До речі, поки що ми забули про одну рекомендацію кроку 1 — замінювати терміни простими словами. Великий уламок цегли залишився уламком замість того, щоб стати, наприклад, «очищувачем» або «зішкрябувачем». Чи справді це так важливо? Побачимо...

Повернемося до трактування проблеми. Вона виникла, тому що був конфлікт: великі уламки цегли застрягають і перегороджують трубу. І з усієї технічної системи, з усіх її елементів у схемі за-

лишилися тільки два чинники, що цей конфлікт і створюють: великі уламки цегли й осад. Це і є *модель завдання* — умовна схема, що відображає структуру конфліктної ділянки системи. І, як у будь-якій добрій моделі, у ній — лише те, що «необхідне й достатнє».

«Необхідно» — вимоги до властивостей ідеального засобу усунення (ЗУ), що забезпечать розв’язок завдання. «Досить» — *місце*, де ці вимоги мають бути реалізовані; *час*, коли ці вимоги мають бути реалізовані, а також засоби, що мають бути використані насамперед для цієї реалізації.

Крок 3. Визначимо оперативну зону (ОЗ) — зону конфлікту. Зазвичай нею називають поверхню великого уламка цегли, але потім, подумавши, виправляються: частина поверхні. Звичайно ж, частина. Та частина, що виступає, що «працювала» — здирала осад — і тому в ньому застрягла. Саме ця частина «тримає» весь уламок і заважає йому рухатися далі. Назвемо її «поверхнею уламка, що контактує з осадом».

Крок 4. Визначимо оперативний час T і простежимо етапи процесу очищення й виникнення конфлікту.

Після того, як уламок великої цеглини поклали в трубу й помпою створили тиск води, він рушив, і процес очищення почався. Якщо уламок ніде не застряг або, застрягнувши, сам вивільнився, проблеми немає, оскільки немає конфлікту. Якщо ж уламок застряг і не може вивільнитися самостійно, виконання основної функції (ОФ) припиняється. Цей період — до застрягання — можна розглядати як робочий час T_3 .

Час, коли уламок стоїть, і є часом конфлікту T_1 . А щойно він звільниться й продовжить працювати, продовжиться час T_3 . Зафіксуємо це так: оперативний час $T = T_1 + T_3$. Мета завдання — зменшити T_1 до нуля, усунути перестоювання уламка.

Тепер можна виявляти фізичну суперечність на макрорівні (М-ФСп).

Крок 5. Поверхня уламка, що контактує з шаром осаду, має бути великою під час виконання основної функції (ОФ) (під час T_3), щоб здирати осад, і малою під час застрягання (під час T_1), щоб легко вивільнятися.

Цілком можливі й інші формулювання фізичної суперечності (ФСп), наприклад такі:

- поверхня уламка, що контактує з шаром осаду, має бути твердою, щоб здирати осад, і м'якою, щоб не застрягати;
- поверхня уламка, що контактує з шаром осаду, має бути міцно пов'язана з усією цеглиною, щоб здирати осад, і пов'язана з нею вільно, щоб «відпускати» цеглину під час застрягання.

Справжня демократія (☺) припускає й інші варіанти, але з однією обов'язковою умовою: **природа суперечності повинна бути фізичною. Інакше кажучи, належати до властивостей об'єкта або до його стану. Водночас одна властивість (або стан) мусить забезпечувати виконання основної функції (ОФ), а протилежна — усувати небажаний ефект (HE_1), що заважає цю функцію виконувати.**

Отже, наша оперативна зона (ОЗ) повинна мати дві протилежні властивості або стани: велика — мала, тверда — м'яка, пов'язана міцно — пов'язана вільно. Не забуваймо, проте, що ці стани мають виявлятися в *різний* час.

Природно припустити, що ці властивості або стани потрібно реалізувати чимось конкретним. Наступний крок пропонує від усього об'єкта перейти до частинок речовини, здатних виявити фізичну суперечність на мікрорівні (μ -ФСп).

Тут варто зазначити: багаторічний досвід викладачів показав, що з початку навчання гонитва за висунутою ідеєю перериває хід розв'язання й заважає довести його до логічного завершення. За влучним зауваженням Г. С. Альтшуллера, роблять тільки те, що записано в інструкції, та й то не завжди. Але в такому разі винен

не алгоритм, а виконавець. Зізнайтеся, дуже хочеться все-таки дібрати якісь «середні» шматки цегли, щоб і чистили, і не застрягали. Або постукати по трубі молотом. (Але ж ні, труба в землі, і де застрягла цеглина, ми не знаємо!) Або підвищити тиск, щоб проштовхнути цеглину, що застрягла, або скерувати тиск потоку води з іншого боку, або нагріти трубу, щоб осад відстав. «Потрясти» ультразвуком чи просто провібрувати. Розчинити хімічним способом. Закласти в трубу йоржик з обертовими щітками... І багато інших, не менш цікавих пропозицій.

Звичайно, великий тиск може проштовхнути цеглину, але й труба може тріснути... Щоб отримати тиск «з іншого боку», доведеться ставити ще одну помпу. Розчиняти хімічно — дуже дорого, крім того, сильний розчинник може розчинити й трубу. Йоржик — досить складний пристрій, тож чи варто його виготовляти, щоб використовувати кілька разів на рік?

Тому шукатимемо рішення, що не ускладнюватиме системи й не провокуватиме нових небажаних ефектів. І водночас — укотре нагадаємо — будемо прагнути до ІКР!

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ -ФСп): поверхня уламка великої цегли, що контактує з осадам, має складатися з частинок речовини, що забезпечують максимальний розмір поверхні під час здирання осаду й мінімальний розмір (або зовсім усувають контакт) під час застрягання.

Виникає природне питання: «Хіба суперечність “великий — малий” фізична? Це ж розміри, отже, геометрична?».

Питання слушне. Але в ТРВЗ іншого терміна поки немає. Тому ми говоримо не лише про властивості, а й про стан. Надто коли розміри об'єктів, наприклад, повітряної кульки, часто визначені фізичним параметром, таким, як тиск усередині нього. Довжина об'єкта може змінюватися залежно від температури, електричного й магнітного полів тощо. До речі, багато суперечностей

розв'язують не тільки за допомогою фізичних ефектів, також досить часто звертаються до математики. І які гарні розв'язки виходять! Справді, ідеальні результати!

Формулювання інших варіантів фізичної суперечності на мікрорівні (μ -ФСп) не дуже відрізняються від фізичних суперечностей на макрорівні (М-ФСп), тому поміркуйте над ними самостійно.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): технічна система мусить сама забезпечувати між поверхнею осаду, що його здирають, і поверхнею уламка цегли наявність частинок, які збільшують величину поверхні уламка, що контактує з осадом, під час здирання осаду й зменшують контактну поверхню (або її цілковиту відсутність) під час застрягання уламка.

Для інших варіантів суть формулювання ІКР у короткому вигляді буде такою:

- технічна система мусить сама забезпечувати наявність частинок, що створюють тверду поверхню уламка під час здирання осаду й м'яку — під час його застрягання;
- технічна система мусить сама забезпечувати наявність частинок, що міцно зв'язують поверхню уламка з цеглиною під час здирання осаду, й можливість відриву поверхні від цеглини під час її застрягання.

Крок 8. Сформулюємо умови, яким мають відповідати частинки, щоб забезпечувати необхідні відповідно до кроку 7 протилежні фізичні стани.

Якими ж повинні бути частинки для першого варіанту, якщо поверхня уламка, що контактує з осадом, має бути великою — і малою? Очевидно, що частинки повинні бути на поверхні або їх має бути багато, щоби поверхня була великою під час роботи, і частинок має стати мало, або їх не має бути взагалі, щоби поверхня стала малою під час застрягання.

А для другого варіанту? Різницю між твердим і м'яким визначають здатністю об'єктів чинити опір зміні своєї форми під дією зовнішньої сили. Найочевидніше таку різницю спостерігають у речовини в різних агрегатних станах, наприклад, у твердому й рідкому. За зміни температури міняють свою твердість аморфні речовини.

Для третього варіанту потрібні властивості частинок закладені у формулюванні ІКР: вони мають бути міцно з'єднаними, коли працюють, і легко відділятися під час застрягання.

Якщо узагальнити вимоги до властивостей частинок, що впливають із цих трьох варіантів, можна побачити, що вони багато в чому схожі. Так, вимога до поверхні бути міцно з'єднаною з основною масою уламка насамперед передбачає необхідність існування цієї поверхні. А міцність з'єднання найчастіше є зокрема у твердих речовинах.

Така сама ситуація з вимогами до властивостей частинок під час застрягання уламка: відділення або зникнення поверхні може відбутися за умови її слабого з'єднання з основною масою уламка, а слабкий зв'язок між частинками притаманний рідким речовинам.

Крок 9. Проаналізувати склад системи (див. крок 1) і з'ясувати, чи є в її складі елементи, що забезпечують сформульовані на кроці 8 властивості.

Визначаючи оперативний час (ОЧ), ми детально проаналізували, як застрягає уламок. Зараз розглянемо, як він звільняється.

Для звільнення уламка необхідно, щоб зник або осад, де він застряг, або гострі кінці, що зішкрябують осад і якими уламок якраз і зачепився. Осад сам не зникне, його слід здерти. Отже, «зникнути» мають гострі кінці. До того ж зникнути, відповідно до вимог ІКР, *самостійно*, тобто під дією тих елементів, що вже є в системі.

До складу системи входять труба, великий уламок цеглини, осад, вода й помпа. Осад уже вилучили, труба з уламком не контактує й тому діяти на нього не може. Помпа ж діє на уламок через тиск води.

Отже, з п'яти елементів залишилося два: великий уламок із гострими кінцями, що застряг в осаді, та вода. І в такий спосіб завдання зведене до конкретного фізичного: гострі кінці уламка під дією води мають зникнути, й тоді уламок звільниться. Очевидно, на гострі кінці можуть діяти властивості води як речовини, зокрема основна властивість — здатність води розчиняти. Крім того, вода має температуру, тобто володіє запасом тепла — назовемо це «тепловим полем». Ще є «механічне поле» — тиск, що його створює помпа. Але на уламок цегли всі ці властивості не подіють... Як же зробити його дрібним? Або розм'якшити? Або зішкрябати шар із поверхні?

Повернемося до початку (див. Додаток) й зауважимо, що ми проскочили. Знайшли? На кроці 1 було сказано: «без спеціальних термінів»!

Чого ж ми з вами не зробили? Не викинули терміна «цеглина», не замінили його простим словом, наприклад, «очищувач» або «зішкрябувач». І за всіма законами психологічної інерції наша думка пішла второваним шляхом, не даючи можливості уявити уламок цегли не цільним твердим шматком спеченої глини, а чимось іншим, здатним до змін. Тоді цеглини з її властивостями вже немає — є просто «зішкрябувач». І цей «зішкрябувач» під дією води, її тиску й температури має зменшуватися, до того ж зменшення відбувається з поверхні завдяки його розм'якшенню й відриву частинок...

З якої ж речовини має бути виготовлений «зішкрябувач», щоб на нього подіяли властивості води? Розчиняється у воді, наприклад, сіль, великі тверді шматки якої можна кидати в трубу

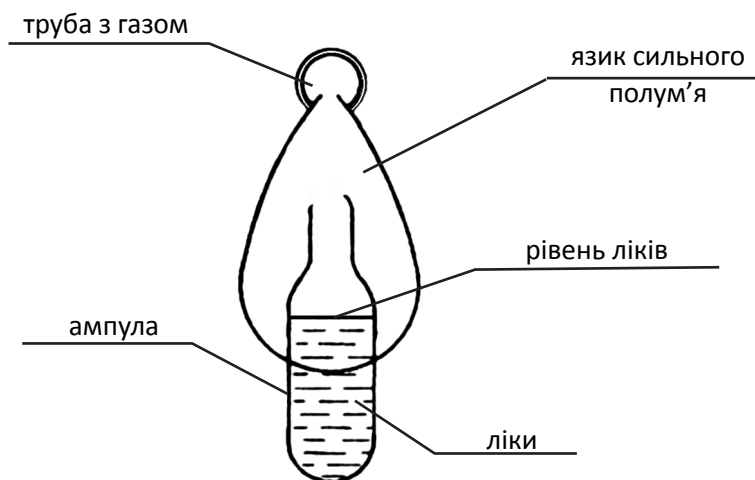
замість цегли. А ще у воді добре розчиняється... вода, тверда вода — лід. Можна в трубу просто кидати шматки льоду. Можна «заморозити» дрібні шматки цегли в один великий: якщо він застрягне, то розпадеться на дрібні. Ми відразу виходимо на розв'язок вихідної суперечності: великий шматок добре чистить, а дрібні не застрягають.

ПРОБЛЕМА 2. ПРО ЗАЛЮТУВАННЯ АМПУЛ

Для залютування ампул із ліками їх установлюють у квадратну коробку з комірками ($25 \times 25 = 625$ ампул) і на конвеєрі подають до газового пальника. Пальник — це трубка з отворами (як у нагрівачах гарячої води або в газових пічках), що розташована на деякій висоті поперек конвеєра. З отворів униз виходять язики полум'я. Вони під час того, як проходить коробка з ампулами, нагрівають шийку ампули. Нагріваючись, шийка топиться, скло стікає вниз, ампули залютовуються, герметизуючи ліки.

Але під час горіння газу довжина язиків полум'я змінюється, тому не всі шийки ампул устигають нагрітися до такої температури, щоб розтопитися й запакувати ліки. Частина ампул не залютовується — виходить брак. Можна зменшити швидкість руху конвеєра, але тоді падає продуктивність праці. Тому спробували збільшити подавання газу в пальник. Довжина язиків полум'я збільшилася, й усі ампули стали залютовуватися добре. Однак довгі язики полум'я почали торкатися й тіла ампули, де містилися ліки (малюнок 9.2 стор. 173). Ліки під час нагрівання псуються — знову виходить брак. Що вдіяти?

У цій проблемі визначення основної функції (ОФ) зазвичай не викликає труднощів: ОФ — зварювання ампул із метою герметизації ліків. А ось записуючи принцип дії (ПД — нагрівання язиком полум'я), як правило, гублять одну досить важливу деталь: не вказують, за яких умов ОФ працює якнайкраще (згадайте



Малюнок 9.2. Процес залютування ампул

проблему про температуру хімічного розчину!). І тоді виникають труднощі у виборі засобу усунення (ЗУ) і, відповідно, другого небажаного ефекту (HE_2). До речі, й те й інше буде чітко визначене, якщо в умові зазначити, що стовідсоткова герметизація відбувається в довгому язичку полум'я.

Проаналізуємо проблему за кроками алгоритму.

Крок 1. Технічна система для зварювання ампул за допомогою нагрівання шийки ампули довгим язиком полум'я складається з конвеєра, коробки з ампулами та газового пальника з довгими язиками полум'я. У процесі залютування виникає небажаний ефект (HE_1) — нагрівання тіла ампули з ліками. Щоб усунути HE_1 , можна використати засіб усунення (ЗУ) — зменшити довжину язика полум'я. Проте водночас виникає новий небажаний ефект (HE_2) — не всі ампули залютовуються.

Схема завдання:

ОФ — залютування шийки ампул.

ПД — нагрівання шийки ампули довгим язиком полум'я.

Склад системи: ампула, ліки, пальник, коробка, конвеєр.

HE_1 — нагрівання ліків.

$ЗУ$ — зменшити довжину язика полум'я.

HE_2 — неповне залютування ампул.

Варіанти технічних суперечностей у їхніх межових станах:

$$T_{Cп_1}: ЗУ \rightarrow \overline{HE_1} \rightarrow HE_2.$$

Якщо зменшити довжину язика полум'я, то нагрівання ліків зникає, проте з'являється неповне залютування ампул:

$$T_{Cп_2}: \overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} \rightarrow HE_1.$$

Якщо ж довжини язика полум'я не зменшити, то неповне залютування ампул не виникає, однак зберігається нагрівання ліків.

Крок 2. Формулювання винахідницького завдання:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} + \overline{HE_1}.$$

Не зменшуючи довжини язика полум'я та забезпечуючи в такий спосіб повне залютування ампул, усунути нагрівання ліків.

Крок 3. Визначаємо оперативну зону (ОЗ) — зону, де відбувається конфлікт. Для цього ще раз згадаємо, що суть конфлікту — у нагріванні ліків довгим язиком полум'я. Так, **конфліктна зона** — це **зона контакту довгого язика полум'я з тілом ампули**, з тією її частиною, де містяться ліки. Ситуація аналогічна до тієї, що виникла в завданні про мішалку для топлення сталі (див. розділ 7): тепло від полум'я до ліків передається через скляне тіло ампули. І якщо ми зможемо відділити ту частину довгого язика полум'я, що розташована нижче за шийку ампули, від контакту з поверхнею тіла ампули, то ліки не нагріватимуться.

Крок 4. Визначаємо оперативний час (ОЧ). Цей час T складається з часу виконання основної функції T_3 , що повністю збігається з часом конфлікту T_1 , оскільки нагрівання ліків відбувається водночас із залютуванням ампул:

$$T = T_1 = T_3.$$

Як бачимо з проведеного аналізу, у цьому завданні весь простір поділено на дві частини, дві зони: в одній — верхній — відбувається реалізація ОФ (залютування шийки), в іншій — нижній — виникає HE_1 (нагрівання ліків). А наявність двох зон фактично унеможливорює виникнення суперечності, оскільки з'являється можливість просто відділити ці зони одна від одної навіть у тому разі, якщо ці дії відбуваються в один час. (Детальний аналіз можливих варіантів поєднання елементів ОЗ та ОЧ проводять під час вивчення методики розв'язування складних технічних завдань, він виходить за межі цього посібника.)

Крок 5. Фізична суперечність на макрорівні (М-ФСп). Вище зазначено, що виконання ОФ та виникнення HE_1 відбувається в різних частинах простору, тому формулювання фізичної суперечності на макрорівні мусить усунути виникнення HE_1 й може мати такий вигляд: довгий язик полум'я має торкатися тіла ампули, оскільки він довгий і забезпечує повне їх залютування, і не має торкатися, щоб не нагрівати ліків.

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСп) у такий спосіб зводиться до формулювання вимог до частинок, що мають міститися в ОЗ: між тілом ампули й довгим язиком полум'я під час дії довгого язика полум'я мусять бути частинки речовини, що не пропускатимуть полум'я до тіла ампули.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): технічна система мусить сама забезпечувати в просторі між язиком полум'я й тілом ампули під час залютування наявність частинок, що не пропустять полум'я до тіла ампули.

Крок 8. Визначимо властивості, що їх частинки повинні задовольняти, щоб забезпечувати необхідні за кроком 7 вимоги. Частинки мають:

— створювати суцільну поверхню відтинання, через яку не зможе пройти полум'я;

- бути незаймистими й нетеплопровідними;
- бути рухомими: швидко та легко з'являтися *тільки біля тіла ампули* (а не біля шийки!) й так само швидко та легко відходити;
- не потрапляти у відкриті ампули, щоб не засмічувати ліків;
- бути дешевими.

Якщо вимогу до рухомості частинок поширити на всю коробку, то ми будемо змушені забезпечити наявність деякої горизонтальної площини із захисних частинок, що розташовуватиметься хоча б на рівні ліків в ампулах.

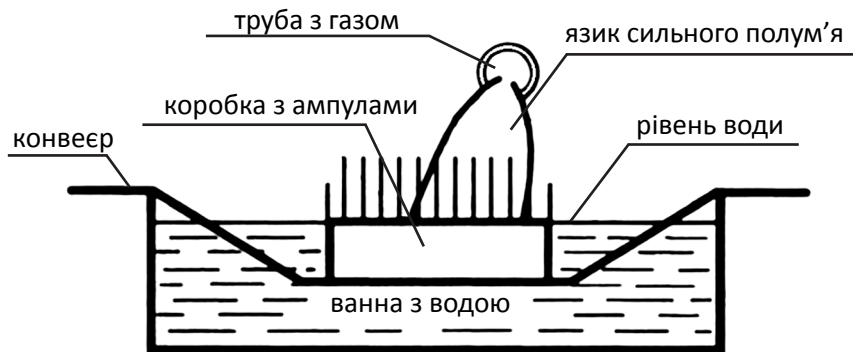
До системи входять, як ви пам'ятаєте, конвеєр, коробка з ампулами та газовий пальник із довгим язиком полум'я. Забезпечити (крок 9) сформульовані на кроці 1 властивості ці елементи не можуть. Тому спробуємо дібрати підходящу речовину. Пошук речовини рекомендуємо починати з визначення її агрегатного стану.

Суцільна речовина, через яку не проникне полум'я, може бути або у твердому, або в рідкому стані. Тому всі газоподібні речовини відразу ж відкидаємо.

Незаймистих і нетеплопровідних речовин, як твердих, так і рідких, багато. Але забезпечити рухомість тверда речовина може тільки в тому разі, якщо вона подрібнена до піщинок. Засипати коробку з ампулами піском, зрештою, можна, проте пісок доведеться сипати згори, і він може потрапити у відкриті ампули з ліками. До того ж, створювати за допомогою піщинок рівну поверхню, та ще й на потрібному рівні, досить складно — рідина ж це зробить САМА. І найдешевша речовина — це вода.

Усе завдання фактично зведене до питання: ЯК подавати воду в коробки перед залютуванням і видаляти її після залютування ампул? Щоб задовольнити ще одну вимогу — не засмічувати ліків, — воду слід подавати знизу. В ідеалі (ІКР!) — вона мусить надходити сама й у потрібній кількості. Зробити це досить просто: поставити у воду на певну глибину діряву коробку. Для цього

стрічка конвеєра частину шляху проходить через ванну з певним рівнем води. А ванна, звичайно, розташована саме під пальниками з довгими язиками полум'я (малюнок 9.3)...



А зараз порівняйте, яке завдання ви починали розв'язувати і яке фактично розв'язували. Не варто? Гаразд! Але шлях до «води» все-таки проаналізуємо й узагальнимо.

Для пошуку речовини, надто «на стороні», варто, зважаючи на основну функцію (ОФ), яку мусить виконувати ця речовина, передусім сформулювати головні властивості, що забезпечать виконання цієї функції. Подивіться, як ми шукали необхідні речовини в попередніх завданнях, — і, мабуть, погодитесь, що найчастіше перша головна властивість пов'язана з їхнім агрегатним станом. Їх усього три: твердий, рідкий, газоподібний (плазму як стан речовини не розглядатимемо). І після першого нашого ходу одна третя, а то й відразу дві третіх можливих «кандидатів» відсіюється. А з ними — й відповідна кількість «порожніх» варіантів.

А далі слід максимально деталізувати вимоги до властивостей речовини. І кожна нова вимога відкидатиме якісь речовини, що не мають необхідних властивостей. Тому що повніший і конкретніший цей перелік, то менша кількість «учасників»,

і на площі поля, де є можливі розв'язки, залишаються тільки найсильніші та найнадійніші. А з них уже вибрати можна...

ПРОБЛЕМА 3. ПРО ВЕНТИЛЯЦІЮ БУРТУ БАВОВНИ

Під час збирання бавовну складають у великі купи — бурти — завдовжки 15–20 м, на кшталт стогу соломи, щоб потім перевезти на прядильні фабрики. Проте, на відміну від соломи, бавовна має одну неприємну властивість: спресована до купи за високої температури (а спека в період збирання може досягати й 50–60° С), вона самозаймається. Щоб попередити самозаймання, поперек буртів (3–4 м) кладуть довгі тонкі дерев'яні палиці-жердини, на них накладають зібрану за день бавовну, а ввечері їх витягають. Утворюються наскрізні вентиляційні канали. Вночі по них проходить холодне повітря, і внутрішня частина бурту охолоджується. Основна складність — витягнути довгу жердину так, щоб канал не завалився, оскільки тертя жердини, навіть відполірованої, об волокнисту бавовну дуже велике. А з короткими жердинами не зробити великого бурту. Що вдіяти?

За всієї природної простоти цієї досить зрозумілої ситуації складність виникає вже під час спроби визначити основну функцію (ОФ) системи. Адже від вибору ОФ залежить, яке завдання вважати мінімальним та що зробити, щоб система «не помітила» змін.

Хоч найчастіше зазначають, що жердини кладуть для утворення вентиляційних каналів, на запитання «Для чого створено систему?» та «Який елемент системи виконує основну функцію?» можна відповісти по-різному:

1. ОФ — створити канал. Її виконує жердина.
2. ОФ — вентилювати бурт бавовни. Її виконують канали. А жердина — тільки один із засобів для створення каналу.
3. ОФ — запобігти самозайманню. Її виконує вентиляційна система.

У прикладі добре видно ієрархію рівнів завдань. Очевидно, що завдання «створити канал» — частина завдання «вентилювати бурт». А завдання «вентилювати бурт» — лише один зі способів запобігти самозайманню.

Щоб забезпечити наявність каналу під час витягання жердин, пропонують змащувати їх жиром, замінити відполірованими металевими трубами, навіть залишити труби, але попередньо просвердлити в їхніх стінках багато отворів, через які відбуватиметься вентиляція...

Для ОФ «вентиляція бурту бавовни» потрібно створити канал іншим способом, без жердини, оскільки цей принцип дії (ПД) системи вичерпав усі свої можливості.

Для ОФ «запобігти самозайманню» бавовну пропонують відразу вивозити й не складати в бурт, а змочувати водою або просочувати спеціальними сумішами...

Детальний аналіз проблемної ситуації з метою вибору оптимального рівня завдання здійснюють під час розв'язування складних технічних завдань, а це виходить за межі цього посібника. Поки ж спробуємо зробити висновки на основі вже набутого досвіду.

Для розв'язання мінімального завдання й збереження ПД системи варто було залучити або ресурси самої системи (шлак для мішалки, лід із води), або дешеві ресурси із зовнішнього середовища (вода для відтинання полум'я під час залютовування ампул). У всіх інших ситуаціях можливості ресурсів виявлялися вичерпаними, тож доводилося змінювати ПД системи (радіостанція для альпіністів, хірургічна голка, нагрівання деталі для хімічного покриття). Мистецтву шукати ресурси та використовувати їхні можливості для розв'язування проблем присвячена четверта частина АРВЗ-85 Г. С. Альтшуллера.

Ще раз з'ясуємо, який ланцюжок утворює вибір рівня. Для першого рівня основна функція (ОФ) — створити канал за до-

помогою жердини. У такому разі виникає небажаний ефект (HE_1) — завалювання каналу під час витягування жердини. Для другого рівня ОФ — вентиляція бурту за допомогою каналів, без обмеження способу їх створення, де використання жердини — просто один із варіантів, коли небажаним ефектом (HE_1) є тертя і як наслідок — завалювання каналу. Словом, різниця зводиться до питання, що робити: витягати жердину чи створювати канали?

На якому ж рівні зупинитися? Почнемо з першого. Використовувати ми можемо властивості або бавовни, або дерева, з якого зроблена жердина. І то ці властивості повинні «працювати» там, де утворюється тертя, — на перетині поверхонь. Дерево для зменшення тертя вже відполіроване. Змінити властивості бавовни не можна, вводити мастила теж — зіпсуємо бавовну. Тому ресурси цих елементів, очевидно, вже вичерпані. Можливо, звичайно, під'єднати до жердини вібратор, тоді її коливання ущільнять поверхню бавовни, що прилягає, й витягати жердину стане значно простіше. Але вібратор дуже ускладнює систему. Тому від першого рівня, найімовірніше, доведеться відмовитися. Отже...

Крок 1. Технічна система для створення вентиляційних каналів (ОФ) у бурті бавовни за допомогою жердин (ПД) складається з бурту бавовни й жердин. Однак під час витягування жердини з бурту канал завалюється (HE_1).

У проблемній ситуації немає навіть натяку на засіб усунення (ЗУ), який можна було б використовувати. Алгоритм пропонує для таких випадків потужний психологічний засіб — відмовитися від дії, що створює HE_1 . Для нашої ситуації — не видаляти жердини (ЗУ). Але тоді з'являється новий небажаний ефект (HE_2) — не утворюється канал, тобто не буде виконано основної функції (ОФ) системи. (Уважний і вдумливий читач помітить, що вже тут, на цьому кроці, закладено основи фізичної суперечності (ФСп): жердина має бути, щоб канал сформувався, і не має бути, щоб відбувалася вентиляція бурту.)

Схема завдання:

ОФ — створення вентиляційних каналів.

ПД — укладання жердин, що формують канали.

Склад системи: бавовна, жердина.

HE₁ — видалення жердини завалює канал.

ЗУ — не видаляти жердини.

HE₂ — неможливо утворити канал.

Перш ніж розглядати варіанти технічних суперечностей (ТСп) у їхніх межових станах, скористаємося рекомендаціями алгоритму й замінімо термін «жердина», що створює досить стійке уявлення про довгу тонку дерев'яну палицю, якимось іншим словом. Досвід розв'язування завдань і психологія рекомендують називати об'єкти простими, як казав Г. С. Альтшуллер, «дитячими» словами, що створювали б уявлення про те, ЩО робить об'єкт, без указівки на принцип дії (ПД).

Тому нехай замість жердини буде «каналоутворювач». Тоді **ТСп₁**: $\text{ЗУ} \rightarrow \overline{\text{HE}}_1 \rightarrow \text{HE}_2$ запишемо так: якщо каналоутворювача не видаляти, то канал у разі його видалення не завалиться, проте й не утвориться.

ТСп₂: $\overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{HE}}_2 \rightarrow \text{HE}_1$ запишемо так: якщо каналоутворювач видаляти, то канал утвориться, проте завалиться. (Тут, як і в попередніх завданнях, варто враховувати заперечення заперечення.)

Крок 2. Формулювання винахідницького завдання:

$$\overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{HE}}_2 + \overline{\text{HE}}_1.$$

Потрібно, видаляючи каналоутворювач і в такий спосіб створюючи канал, унеможливити його завалювання.

На перший погляд, трактування винахідницького завдання нічим не відрізняється від запропонованої ситуації. Але це тільки на перший погляд. Уважно порівняймо їх. Як бачимо, можливі два варіанти:

- а) видалити каналоутворювач (не жердину!) так, щоб не завалити каналу;
- б) каналоутворювач може залишитися лежати в бурті бавовни, щоб його не треба було видаляти, тоді не буде й завалювання. І канал, до того ж, усе-таки має утворитися!

Дуже чіткий орієнтир на ІКР, чи не так?!

Крок 3. Визначаємо ОЗ. Оскільки завалювання каналу відбувається через тертя бавовни, що утворює поверхню каналу, з поверхнею жердини, то оперативною (конфліктною) зоною будуть поверхні бавовни й каналоутворювача, що доторкаються.

Крок 4. Визначаємо ОЧ. Цей час T складається з часу T_3 виконання ОФ (створення вентиляційних каналів), що збігається з передконфліктним часом T_2 (укладанням бурту), і часу T_1 конфлікту (видалення каналоутворювача), коли канал завалюється:

$$T = T_1 + T_3 (T_2).$$

Звідси випливає, що виконання ОФ та конфлікт відбувається в різний час. Це дозволяє використовувати для розв'язання проблемної ситуації об'єкт, властивості або параметри якого змінюються (або можуть бути змінені) з плином часу.

Перед тим як формулювати фізичну суперечність (ФСп), ще раз згадаємо сутність фізичного процесу, через який виникає проблемна ситуація: завалювання каналу відбувається через тертя поверхні жердини об поверхню бавовни. І якщо ці поверхні під час видалення розмежувати (або якщо вони розмежуються самі!), завдання буде розв'язане.

Крок 5 (формулювання фізичної суперечності на макрорівні — М-ФСп) особливих труднощів не викликає: поверхня бавовни, що утворює канал, мусить торкатися поверхні каналоутворювача під час створення каналу, щоб останній формувався, і не мусить торкатися його під час видалення, щоб канал не завалився.

Таке формулювання — мусить торкатися й не мусить торкатися — надає деякої особливості формулюванню **кроку 6** (фізична суперечність на мікрорівні — μ -ФСп): між поверхнею бавовни, що утворює канал, і поверхнею каналоутворювача не має бути розділювальних частинок під час утворення каналу, щоб забезпечити їхній контакт, і мають з'явитися частинки, що розмежовують ці поверхні під час видалення каналоутворювача, щоб не було тертя й канал не завалився.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): технічна система мусить сама забезпечувати відсутність розділювальних частинок між поверхнею бавовни, що утворює канал, і поверхнею каналоутворювача під час утворення каналу (під час укладання бурту), і появу таких частинок між цими поверхнями під час видалення каналоутворювача.

Цей самий **крок 7** можна сформулювати інакше:

Технічна система мусить сама забезпечувати відділення поверхні каналоутворювача від поверхні бавовни, щоб усунути тертя поверхонь під час видалення каналоутворювача.

Фізичну суперечність на макрорівні (М-ФСп) і, відповідно, наступні кроки можна сформулювати й так:

- каналоутворювач має бути великий («товстий») під час утворення каналу й малий («тонкий») під час його видалення (тут як розмір розуміємо його діаметр);
- поверхня каналоутворювача мусить складатися з частинок, що забезпечують його великий діаметр під час утворення каналу й малий — під час видалення;
- технічна система мусить сама забезпечувати наявність на поверхні каналоутворювача частинок, що змінюють його діаметр від більшого під час утворення каналу до меншого під час його видалення.

Крок 8. А зараз визначимо властивості частинок, що могли би забезпечити усунення цих фізичних суперечностей для кожного зі сформульованих ІКР.

Перший варіант — для частинок, яких не має бути під час укладання каналоутворювача і які мають з'явитися під час його видалення. Їхня функція — розмежувати дотичні поверхні. Зробити це можливо двома способами: або відсунувши (відтиснувши) бавовну від каналоутворювача, або прибравши поверхню каналоутворювача від бавовни.

На цьому етапі аналізу пролягає та межа, де закінчується чиста логіка й настає час «осяянців» (від слова «осяяння»): слід шукати реальні способи розв'язання завдання. Проте й тут є добре відомі та часто застосовувані прийоми...

Для реалізації першого способу частинки повинні мати силу — механічне поле. Як частинки (це вже **крок 9**) найкраще взяти навколишнє повітря — той ресурс, що нічого не коштує і якого завжди багато. Як джерело механічного поля — звичайний компресор. Відтискати бавовну від каналоутворювача можна теж двома способами:

- як каналоутворювач використовувати трубу, закриту з одного боку, з великою кількістю отворів у стінках. Якщо в таку трубу подавати повітря через протилежний кінець, то, виходячи через отвори в стінках, воно відтискатиме бавовну від поверхні труби;
- на бавовну повітря може тиснути й через стінки самої труби, якщо вони пружні, наприклад, гумові, й розтягуються під тиском. Тоді є сенс зробити навпаки: укласти надуту трубу, а потім скинути тиск і в такий спосіб зменшити її діаметр. Так реалізують другий варіант: поверхня каналоутворювача відділяється (самостійно!) від бавовни й витягається практично без тертя. Частинки повітря можуть опинитися між бавовною й каналоутворювачем під час витягання й у тому випадку,

якщо каналотворювач виконано у формі конуса. Рішення гарне, але лише теоретично: отримати великий кут конусності на великій довжині неможливо. Так само теоретично гарний варіант телескопічної конструкції (на зразок висувної антени для переносних радіоприймачів), але за такої ширини бурту (3–4 м) «телескоп» виходить тяжким і складним у використанні.

Надуту, а потім спущену трубу можна розглядати спочатку як велику, а потім як малу — так розв'язуємо ще одну фізичну суперечність (ФСп). Інший варіант, як зробити велику трубу малою, розглянуто в підрозділі «...і трохи геометрії»...

Забирати поверхню каналотворювача від бавовни можливо також частинами, всередину каналу, використовуючи класичний прийом розв'язання суперечності «об'єднання — дроблення». Для цього потрібний розмір каналотворювача збирають із пучка тонких дротів, а після утворення каналу витягують їх по одному зсередини пучка, поки його діаметр не зменшиться...

Можна запропонувати ще декілька варіантів, досить дієвих і цікавих.

Але все це «Мляво, друзі, мляво!», як казав нам на семінарах Г. С. Альтшуллер. «Мляво», тому що, маючи сміливість відмовитися від дії, що викликає появу HE_1 , ми цю сміливість потім, під час формулювання ФСп, втратили. А сильна ФСп на рівні ІКР має звучати так:

Каналотворювач повинен бути під час утворення каналу й повинен сам зникнути, коли його варто буде видалити.

Щоб об'єкт зник (або перемістився), на нього слід подіяти якоюсь силою — силовим полем. Основне поле, якого багато й через яке, до речі, виникає проблема, — це теплове поле, спека. Отже, каналотворювач повинен зникнути під дією тепла. Але звичайний лід не підходить: він під час танення утворює воду, а вона, зі свого боку, намочить бавовну. Краще використовувати

сухий лід: він просто випарується, а канал залишиться. Це і є контрольною відповіддю.

У такому рішенні ще й додатковий «бонус»: у процесі випарування лід забиратиме тепло у внутрішніх частин бурту, у такий спосіб прискорюючи їх охолодження. Залишається порахувати, який саме варіант за яких умов дешевший...

А зараз зробимо висновки, адже АРПС ми з вами майже повністю розібрали. Поспішати не варто, найголовніше — чітка логіка. Отже:

— *Винахідник отримує, як правило, для розв’язання не завдання, а проблемну ситуацію. В основі ситуації, що виникла, — неспроможність технічної системи впоратися з тими новими вимогами, що їх до неї починають висувати.*

— А чому?

— *А тому, що створювали систему для роботи в одних умовах, а ми починаємо висувати інші, нові. І потреба змінити якийсь один елемент...*

— Або параметр...

— *Або параметр системи через наявність системних зв’язків спричиняє необхідність змінювати інші елементи або параметри. До якоїсь межі це ще можливо, а потім кінець: зміни настають для системи...*

— *Для системи чи для нас — користувачів системи?*

— *Для нас неприпустимими.*

— *Звичайно, для нас! Системі байдуже, якою ви її зробите. Вона просто не виконуватиме тих функцій, що ви на неї покладете, або виконуватиме їх погано!*

— *Щоб система могла впоратися з новими вимогами, потрібно усунути технічну суперечність. А щоб її виявити, необхідно проаналізувати проблемну ситуацію.*

— *У чому суть технічної суперечності?*

— Технічна суперечність — це властивість зв'язку між двома об'єктами, їхніми частинами або параметрами.

— Яка суть властивості?

— Зміна одного об'єкта, частини або параметра викликає небажану зміну іншого об'єкта, його частини або параметра.

— Наприклад?

— Наприклад, завдання про водопровід: якщо ми хочемо отримати швидке очищення, то мусимо взяти великий шматок цегли.

— Що ж тут взаємопов'язане?

— Розмір об'єкта й продуктивність.

— Хто має шукати технічну суперечність?

— Аналізувати ситуацію — це вже робота винахідника. Від вибору технічної суперечності залежить подальший хід розв'язання, а від розв'язання — ті зміни, які треба буде здійснити в системі. Щоб вони були мінімальними, варто прагнути змінювати лише ті елементи підсистем, що не зачіпають принципу дії технічної системи. Тоді система цих змін «не помітить».

— Як же це зробити?

— Насамперед потрібно ієрархізувати завдання: поділити їх за рівнями виконуваних основних функцій. Чи можна це назвати функційним аналізом?

— Загалом, можна. Але що має бути в основі такого аналізу?

— Принцип дії, за допомогою якого реалізується функція кожної підсистеми, не повинен впливати на принцип дії всієї системи. Потім для кожного рівня визначають небажаний ефект і обирають засіб його усунення.

— З небажаним ефектом усе зрозуміло: він є. А як вибрати засіб усунення?

— Досить часто засіб усунення в умові є, проте він або не усуває небажаного ефекту цілком, або спричиняє новий небажаний ефект. Як правило, такі засоби усунення не змінюють принципу дії системи, тобто розв'язується так зване мінімальне завдання. Якщо ж відмовитися від принципу дії системи, потрібно буде розв'язувати максимальне завдання, тобто змінювати принцип дії.

— Вибір засобу усунення — складний і відповідальний крок. Повернімося до попередніх завдань, щоб подивитися, як вибирали засіб усунення там, і спробуймо узагальнити. Це була або заміна одного об'єкта іншим (вогнетривка мішалка замість звичайної, дрібні уламки цегли замість великих), або дії над об'єктами (не нагрівати розчину, зменшити довжину язика полум'я, не витягувати жердини). І що далі?

— Уводячи засіб усунення для уникнення одного небажаного ефекту, ми в такий спосіб створюємо новий небажаний ефект.

— Завжди?

— Завжди!

— Не завжди. Буває (хоч і рідко!), що введення необхідного засобу усунення не створює нового небажаного ефекту. Згадайте завдання про лампу Бабакіна: Основна функція — світити, небажаний ефект — тріскається колба. Якщо засіб усунення — прибрати колбу, то новий небажаний ефект не виникає! Проблема зникає, завдання розв'язане. Так само рідко буває, що новий небажаний ефект нас не дуже турбує, тоді завдання теж розв'язане.

— Зрозуміло... Тоді після визначення значущості нового небажаного ефекту будуємо схеми межових станів технічної суперечності «або — або» й на їхній основі формулюємо винахідницьке завдання: не вводячи засобу усунення й у такий спосіб не викликаючи нового небажаного ефекту, усунути перший небажаний ефект!

— Чудово! Замість пошуку компромісного розв'язку ви свідомо загострюєте ситуацію! Навіщо?!

— Щоб дійти ідеального кінцевого результату: усе залишається без змін, а шкідлива властивість зникає.

— А хто усуває шкідливу властивість? Що є основою ідеального кінцевого результату? Тут чогось не вистачає...

— Щоб усунути шкідливу властивість, до системи потрібно ввести новий елемент — засіб усунення. Однак це ускладнює систему. Тому ми створюємо відсутній елемент: уводимо новий елемент, не вводячи його.

— Як це зробити?

— Ми вводимо новий елемент із потрібною властивістю, цю властивість залишаємо, а сам елемент виводимо. Виходить, що в системі функціює «ідеальний» об'єкт: його немає, а необхідна дія виконувана!

— Добре! Тепер є база для ідеального кінцевого результату. Далі!

— Далі? А далі ми виявляємо оперативну зону — місце, де виникає конфлікт, та оперативний час — час, коли він відбувається. Але якщо з «де» все зрозуміло, то з «коли» — не дуже...

— Що саме?

— У завданні про залютування ампул конфлікт виникає відразу ж, коли починає діяти основна функція — залютування шийок.

— Інакше кажучи, можна стверджувати, що час конфлікту повністю збігається з часом виконання основної функції.

— Так. У завданні про бурт бавовни, якщо робити канали за одним із варіантів розв'язків, навіть більше, за допомогою сухого льоду, конфлікт узагалі не виникає. Завдання кудись зникло...

— Питання зрозуміле. А як, до речі, щодо водопроводу?

— Тут узагалі «або — або»: або «зішкрябувач» працює — тоді діє основна функція, або застрягає — тоді конфлікт.

— А зараз незрозуміло: що ж вам незрозуміло? Після того, як ви все так чітко проаналізували...

— Виходить, що час конфлікту T_1 може цілком збігатися з T_3 — часом виконання основної функції, може бути його частиною, а може взагалі бути поза T_3 , як у завданні про очищення труб.

— Саме тому оперативний час довелося поділити на три частини: T_1 — час конфлікту, T_2 — час до конфлікту й T_3 — час виконання основної функції. У різних завданнях ці проміжки можуть повністю або частково збігатися — для цього й існує крок 4 «Визначення оперативного часу».

— А куди зник T_1 у завданні про бурт бавовни?

— Коли зник T_1 ? ДО розв'язку завдання чи ПІСЛЯ?

— Після...

— То чому ви про це питаєте? Ви ж спромоглися змінити систему так, що конфлікт не виник... Типове завдання, коли щось наперед не передбачено. І прийом, за допомогою якого розв'язують завдання такого типу, й має таку назву — «Зробити завчасно». Тепер із «коли» все зрозуміло?

— Ніби так. Після визначення оперативної зони та оперативного часу потрібно сформулювати фізичну суперечність на макро- й мікрорівнях.

— Що таке фізична суперечність і чим вона відрізняється від технічної суперечності?

— Фізична суперечність — це протилежні вимоги до фізичного стану елемента системи. За одного стану якнайкраще працює основна функція, за іншого — усувають небажаний ефект. До прикладу, уламок цегли має бути великим, щоб добре чистити, і має бути дрібним, щоб не застрягати.

— Різниця зрозуміла?

— Зрозуміла. Технічна суперечність — це властивість зв'язку між двома елементами. Фізична суперечність — це фізичний стан одного елемента.

— Завжди одного?

— Ніби завжди...

— Не видно впевненості. Щось бентежить?

— Так, ці протилежні вимоги можуть бути висунуті до елемента в різний час і в різних місцях, тоді це вже не суперечність...

— Абсолютно правильно! У перших варіантах АРВЗ фізична суперечність була тотожна діалектичній, коли протилежні вимоги стикаються в одному місці та в один і той самий час. І лише нещодавно детальний аналіз показав, що часто це не так. Але термін «фізична» поки зберігся, оскільки суть вимоги він передає досить точно. І все ж для чого шукають фізичну суперечність?

— Фізична суперечність переводить завдання на рівень конкретного фізичного ефекту, який треба використовувати, щоб отримати ідею розв'язку.

— Яке завдання в ситуації з човном Робінзона вам пропонували розв'язувати?

— Як тягнути човен.

— А потім?

— Як підняти човен.

— А яке ви, зрештою, розв'язували?

— Як опустити корму, щоб піднявся ніс...

— А в завданні про мішалку для сталі?

— З чого її зробити, щоб не топилася й була дешева...

— А про що, зрештою, замислилися?

— Як її змастити шлаком...

— Ще є питання на цю тему чи вже зрозуміло, до чого вони?

— Зрозуміло: вихідна ситуація пропонує нам розв'язувати одне завдання, а ми врешті-решт розв'язуємо зовсім інше, суто фізичне...

— На одному з перших семінарів із вивчення ТРВЗ хтось мовив: «Викликає директор і каже: “Там щось не працює, ідіть з'ясуйте й виправте!”». Тому вихідну ситуацію називали колись у ТРВЗ «адміністративною суперечністю»: коли щось погано, потрібно зробити краще, але як — ніхто не знає. І то багато хто з фахівців уже намагався розв'язати завдання, але в результаті вони загнали її в глухий кут і подають її вам уже в зміненому формулюванні. Часто підсвідомо вони хочуть, щоб ви її теж не розв'язали, — адже вони спеціалісти, фахівці, і мають самолюбство... Тому такий важливий етап аналізу вихідної ситуації та виявлення технічної суперечності. І ще кілька питань: скільки елементів буває в ситуації, з якої починається завдання?

— Ой і багато ж!

— А в мінізавданні на кроці 1?

— Мало: три-чотири.

— А в технічній суперечності?

— Усього два.

— А у фізичній суперечності?

— Усього один.

— І для якого ви шукаєте розв'язок?

— Для нього, одного-єдиного.

— Отже, варіанти розв'язків, пов'язані з використанням інших елементів, із зони пошуку випадають?

— Виходить, випадають... Що менше елементів, то менше варіантів розв'язків...

— Це кількісно. А якісно?

— А якісно вони спрямовані на розв’язання конкретної фізичної суперечності, тобто на розв’язання конкретного фізичного завдання на основі певних фізичних ефектів...

— І все?

— І все. А що ще?

— А ще ви забули ідею, заради якої боролися: досягти ідеального кінцевого результату! І тому якісно ваші ідеї, як правило, завжди досить сильні. По-перше, вони максимально наближені до ідеального кінцевого результату, а всі інші ви відсіяли по дорозі. А по-друге, сформульована фізична суперечність дуже чітко обґрунтовує певні вимоги, які варто задовольнити, щоб реалізувати ідеальний кінцевий результат. А для його реалізації слід використати матеріали з цілком конкретними властивостями, що можна сформулювати на основі фізичної суперечності. І навіть більше: алгоритм вимагає знайти такі матеріали найперше всередині системи й пропонує правила для їх пошуку.

Отож, «ТРВЗ перетворює виробництво нових технічних ідей на точну науку; технологія розв’язування винахідницьких завдань — замість пошуку наосліп — будується на системі планомірних розрахунків та операцій» (Альтшуллер, 1979). І якщо ви опануєте цю технологію, то, зіткнувшись із будь-якою проблемою — не лише технічною, — будете озброєні стилем мислення гарного винахідника. Творчим стилем!

Розділ 10

ЗАКОНИ ПРИРОДИ Й ПРИНЦИП ДІЇ СИСТЕМИ

Принципи дії всіх штучних об'єктів,
створених для задоволення потреб людини,
реалізуються за допомогою відомих законів природи.
На прикладі пошуку розв'язків декількох завдань за АРПС
досліджено можливі варіанти застосування
законів фізики, хімії та математики
для отримання ідеї розв'язку,
запропоновано деякі методи виходу
на найбільш перспективні розв'язки й оцінки цих ідей.

ТРОХИ ФІЗИКИ, ТРОХИ ХІМІЇ...

У розділі 5, досліджуючи історію розвитку об'єкта, ми від вогнища дійшли до лампи денного освітлення. Такі екскурси в минуле ми здійснювали на різних заняттях у різних аудиторіях із найрізноманітнішими об'єктами: ручками, будинками, транспортними засобами, інструментами, верстатами, навіть із джинсами й шкарпетками. З'ясувалося, що у світі немає нецікавих речей! Навіть історія такої прямої залізної палиці, якою є залізнична рейка, містить не тільки багато драматичних, а часто й трагічних подій. Варто було розв'язати купу проблем: матеріал, профіль перетину, технологія виготовлення, спосіб кріплення до полотна, стикування між собою...

Для першої залізниці в Англії рейки витоплювали з чавуну. Довжина однієї рейки — 1 м. Дві тисячі — на 1 км дороги! Зрозуміло, що довго так тривати не могло. Металургійна промисловість отримує потужний стимул для розвитку способів виробництва й обробки металів, зростають мартенівські печі, з'являються вальцювальні стани. Для їх виготовлення потрібні металообробні верстати й інструменти, методи аналізу й контролю, нові прилади й матеріали...

Під час прокладання перших телефонних ліній у США як ізолятори на стовпах для дротів використовували... шийки скляних пляшок. Ізоляція на проводах (гумова, лакова) й керамічні ізолятори з'явилися пізніше. Одночасно з ними й зародилося матеріалознавство — наука, що вивчає властивості різних матеріалів і можливість їх застосування.

До речі, до кожного телефонного апарата тягнули два дроти. Є фото нью-йоркських вулиць тих років — кінця XIX — початку XX століття. Уявляєте цю павутину?! Виготовляти тонкі багатожильні проводи ще не вміли, як і не вміли «ущільнювати» канали зв'язку — тисячі абонентів розмовляють на одному проводі, не заважаючи один одному. Усе частіше замість металевих проводів використовують оптоволоконні — надтонкі скляні нитки, якими йде світло, лазерний промінь... А як змінили світ мобільні телефони, не прив'язані до дротів!

На одному з семінарів слухачі запропонували розглянути лампу розжарювання. Простежуючи історію лампи, ми поновому зіткнулися з проблемами, що виникли півтора століття тому. Тоді це були **проблеми**! Зараз же для їх розв'язання досить знань фізики на рівні середньої школи. І певного знання ТРВЗ... Тому звернемося до історії джерел місцевого освітлення й проаналізуємо, як під час створення електричної лампочки використовували закони природи.

Відразу ж домовимося, що розглядатимемо лампочку як джерело місцевого освітлення. І все. Тепла від її горіння, спектру випромінювання, інших ефектів поки не зачіпаємо. Однак у повному обсязі використовуємо метод аналізу кожної зміни об'єкта за *ТРВЗ: потреба → основна функція → принцип дії системи → конструкція → нові вимоги → виникнення технічної суперечності → формулювання й розв'язування фізичної суперечності → новий конструктивний розв'язок → нові вимоги...*

Про можливість використовувати світіння електричної дуги як джерело світла зазначав ще 1802 року академік В. В. Петров. Проте минуло не одне десятиліття, перш ніж дуга справді «запрацювала» в прожекторах.

А втім, працювала вона погано. Щоб запалити дугу, два електроди, розміщені один навпроти одного, зближували за допомогою спеціального механізму. Коли дуга запалювалася, електроди розводили на відстань, за якої дуга давала максимальну яскравість. Проте дуга «вигризала» краї електродів (на цьому принципі, до речі, засноване електродугове зварювання), відстань між ними збільшувалася, й дуга рвалася — гасла.

Доводилося весь час зсовувати електроди. Почали розробляти регулятори, що зберігали б постійну відстань між електродами. Один електрод, до прикладу, постійно пересували гвинтом, що обертався від пружини або окремого двигуна. Не виходило. Дуга — дитя вередливе, стабільного режиму не має.

Ось і **завдання 1** — запропонувати ідею датчика для автоматичного регулювання довжини дуги, водночас бажано не забути, що це було півтора століття тому.

Принцип автоматичного регулювання пояснимо на такому прикладі. Потрібно, наприклад, підтримувати в приміщенні температуру $20 \pm 1^\circ \text{C}$. Для цього як

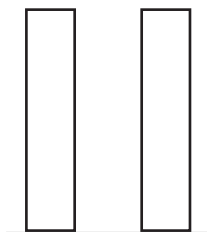
датчик температури використовують двопозиційний термометр, що замикає контакти за температури 19° і 21° С. Схему керування нагрівачем побудовано так, що під час замикання контактів « 19° С» нагрівач умикається, а під час замикання контактів « 21° С» — вимикається.

Завдання 1 — знайти параметр, пов'язаний із довжиною дуги, і на його основі запропонувати ідею датчика для автоматичного регулювання відстані між кінцями електродів.

Однак електроди все одно згорають, і їх треба міняти. Зрозуміло: що довший електрод, то рідше він потребує заміни. Проте зі збільшенням довжини електрода зростає довжина всього апарата (типова технічна суперечність, чи не так?). Це — **завдання 2**.

Такі самі завдання постали на початку 1870-х років перед керівником телеграфної частини Московсько-Курської залізничної дороги П. М. Яблочковим. Якось уночі йому довелося мати справу з прожектором на передньому майданчику паровоза, що освітлював полотно залізної дороги для царського поїзда. Сходячи зранку з паровоза, він зрозумів, що не заспокоїться доти, доки не сконструює стабільного джерела світла.

Регулятори довго не виходили. Історики розповідають, що розв'язок Яблочков знайшов, коли крутив у руках два олівці, наближуючи їх та віддаляючи. Можна припустити, що хід думок був такий: «Дуга горить між торцями електродів. Між ними має бути певна відстань. Коли частина електродів згорить, така сама відстань повинна стати між двома наступними. І так — по всій довжині електродів. Може, така відстань повинна не стати, а — бути?! З самого початку?!». І Яблочков, наблизивши олівці на «потрібну відстань» (малюнок 10.1. стор. 200), поставив їх на столі паралельно один до одного.



Малюнок 10.1

*Ідеальний розв'язок: регулятора немає, а його функція працює! (Зрештою, це мало бути **завдання 3...**)*

Проте дуга на ідеальний розв'язок відповіла досить оригінально: *вона втекла вниз по електродах і перегризла їх біля основи!* Яблочков замислився. Ви теж, адже це **завдання 4**. Коли винахідник примусив дугу спускатися «як треба», виникло ще одне завдання: *електрод, до якого під'єднували +, згоряв швидше, дуга перекошувалася, її довжина знову зростала, й дуга знову гасла.* Тут можливі щонайменше три розв'язки, й усі підходять. Знайти їх — **завдання 5**.

І, нарешті, останнє завдання, чи не найскладніше. Відстань між електродами-олівцями було вибрано так, щоб дуга за певної напруги мережі горіла в оптимальному режимі. Але за такої напруги й такої відстані дуга сама не загорялася! Для цього варто або наблизити електроди, або збільшити напругу в момент умикання.

Наблизити електроди, як ви розумієте, було нічим. Забезпечити стрибок напруги можна, але це, знову ж таки, істотно ускладнювало систему й погано відображалось на роботі інших елементів кола.

Яблочков укотре знайшов простий розв'язок: він установив між кінцями електродів тоненьку поперечку. У момент увімкнення вона згоряла, підпалюючи дугу.

І що, свічку можна вмикати тільки один раз? Не встановлювати ж перед кожним увімкненням поперечку?!

Питання поставлене абсолютно правильно. Це і є **завдання 6** — *запропонувати принципову ідею багаторазового вмикання свічки*. Було б добре отримати ІКР...

Звичайно, це не всі завдання, що їх довелося розв'язувати Яблочкову, запалюючи свою свічку. Як, наприклад, подавати струм на електроди? Свічки доведеться міняти після того, як вони згорять. Яким повинен бути вимикач на одну свічку? На декілька свічок? Сила струму прямо пропорційна їх кількості. Як захистити коло від замикань? І ще багато інших проблем, щоб створити дієву мережу місцевого освітлення.

Електрична свічка горіла, затьмарюючи вогонь воскових свічок, газових ламп і газових ріжків. Проте для раціональних спеціалістів (а Яблочков теж належав до них) недоліки свічки були занадто очевидні: наявність відкритого полум'я, випарування електродів та обмазки, невеликий термін придатності...

Змінюючись у деталях, електрична лампа розжарювання за принципом дії практично не змінилася майже за півтора століття існування. Однак це аж ніяк не означає, що під час її створення й потім не виникало жодних проблем.

Вони, безумовно, були. Уявімо себе винахідниками лампочки (замість Едісона та Лодигіна) й поміркуймо, які технічні труднощі можуть виникнути та як із ними боротися.

Проблема номер один — це добір матеріалу нитки розжарювання. Ви, ймовірно, не забули, що за вибором принципу дії системи йде вибір робочого органа. Едісон у пошуках відповідного матеріалу перебрав шість тисяч варіантів (дані Лодигіна невідомі).

За всієї геніальності й величезної результативності (Едісон отримав більше тисячі патентів!) методи, якими користувався Едісон під час пошуку ідеї, були вкрай непродуктивними. Широко відома їх оцінка талановитим сербським та американським ученим, винахідником М. Теслою, що деякий час працював у лабораторії

Едісона: «Якби Едісону потрібно було знайти голку в копиці сіна, він би не витрачав часу на те, щоб визначити найвірогідніше місце її розташування. Він негайно з гарячковою старанністю бджоли почав би оглядати соломинку по соломинці, поки не віднайшов би предмет своїх пошуків. Його методи вкрай неефективні. Він може витратити багато часу та енергії й не досягнути нічого, якщо лише йому не допоможе щаслива випадковість. Спочатку я з сумом спостерігав за його діяльністю, розуміючи, що невеликі творчі знання й обчислення зекономили б йому 30 % праці. Але він плекав непідробну зневагу до книжної освіти й математичних знань, цілковито покладаючись на власне чуття винахідника й здоровий глузд американця»²¹.

Заради справедливості скажемо, що в той час властивості матеріалів, надто в такій новій специфічній галузі знань, як нагрівання електричним струмом, були маловідомі. Дослідження тих років лягли в основу таблиць, якими користуються зараз.

Цікаво, а як би ви, уже маючи «невеликі творчі знання», шукали голку в сіні?

Спробуємо застосувати здобуті знання й підвищити продуктивність інтелектуальної праці. Для цього, очевидно, слід розглянути нитку лампочки як елемент декількох надсистем: нитки й джерела енергії (електричного струму), нитки й зовнішнього середовища, нитки й зору людини. Обмежимося поки цим, хоча кількість систем можна продовжити. Наприклад, нитка й можливості виробництва — технологія, вартість тощо.

Отже, які вимоги мусить задовольняти нитка розжарювання з погляду джерела енергії? Щоб виконувалася основна функція (випромінювати світлову енергію), використовують принцип дії — перетворення електричної енергії на оптичну нагріванням

²¹ Никола Тесла. *Жемчужины мысли*. URL: <https://www.inpearls.ru/author/nikola+tesla>

робочого тіла до високої температури, за якої воно починає світитися. Основний показник тут, як і для будь-якого перетворення енергії, — це коефіцієнт корисної дії (ККД). Не менш важливий також відносний параметр — кількість світлової енергії з одиниці поверхні робочого тіла.

Нитка й зовнішнє середовище — це можливість максимального застосування об'єкта з погляду його сумісності з іншими системами, його безпечність під час експлуатації й ремонту, екологічність та інші параметри.

Нитка й зір людини — це спектр випромінювання робочого тіла, співвідношення спектральних складників, їхня відповідність сонячному світлу.

Аналіз можна продовжити. Що він дає? *Що ширше уявлення про об'єкт, то більше обмежень ми на нього накладаємо, то менше поле пошуку й простіший вибір. А скільки часу й засобів економимо! Адже ми реальні практичні експерименти замінюємо мисленнєвими!*

Чого ж, зрештою, ми хочемо від нитки розжарювання? З невеликої поверхні — високої яскравості світіння видимого спектра випромінювання, водночас робоче тіло має не втрачати механічну міцність. Для того щоб електрична енергія витрачалася на робочому тілі, а не в проводах, його опір має бути в сотні й тисячі разів більшим від опору проводів. Коло звузилося до межі. Усередині нього — матеріали з високим питомим опором, високою температурою топлення й високою механічною міцністю. Довідники пропонують або кераміку, або групу металів: нікель, хром, кобальт, молібден, вольфрам. Кераміка виявилася невідповідною за спектром випромінювання й ККД, до того ж, ненадійною з погляду механічної міцності (у разі перегрівання інколи вибухала). З металів найбільш відповідний — вольфрам. І практично до сьогодні він є основним матеріалом для ниток розжарювання.

Надто детально й трохи нудно? Нічого не вдієш, це і є сірі робочі будні науки. Без них будь-яка найцікавіша ідея залишається лише гарною мильною бульбашкою. Звичайно, півтораєста років тому властивості матеріалів проводити електричний струм були практично невідомі й тільки вивчалися. Тому відразу віднайти необхідний матеріал Едісон не міг. Проте зробити такий елементарний аналіз, як щойно ми з вами, міг і мусив.

І тут виникає очевидне питання: чи можна успішно розв'язувати будь-які технічні завдання, не володіючи знаннями у відповідних галузях? І чи взагалі важливо «попередньо» знати, що відповідний фізичний ефект існує?

Частково відповідь на ці питання дає структура АРПС, кроки якого відрізняються від кроків АРВЗ-85В *саме вимогою спочатку чітко сформулювати властивості речовини, що повинна розв'язати фізичну суперечність, і лише потім шукати відповідний фізичний ефект, де ці властивості можуть бути реалізовані*.

Звичайно, знати все неможливо, тому під час розв'язування складних вузькоспеціалізованих завдань слід обов'язково звертатися до фахівців. Як правило, отримавши точний і детальний перелік вимог, вони досить легко й швидко запропонують низку фізичних ефектів, що можуть реалізувати ці вимоги. І, до речі, ще 1973 року Ю.В. Горін, один із перших і найкращих учнів Г. С. Альтшуллера, проаналізувавши кілька тисяч описів винаходів, уклав цінний для інформаційного фонду ТРВЗ «Покажчик фізичних ефектів і явищ». У ньому систематизовано різні фізичні ефекти, подеколи досить «тонкі», подано рекомендації, які ефекти — або їх поєднання — можна застосовувати для розв'язування різних технічних проблем, і наведено приклади таких розв'язків²².

²² Див.: Горин Ю. В. Указатель применения физических эффектов для использования при решении изобретательских задач. Выпуск 1. Баку, 1973. 96 с.

Аналогічний фонд застосування хімічних ефектів, що містить понад тисячу прикладів, зібрав ще один із перших представників ТРВЗ — В. О. Михайлов²³.

Тому, звичайно, що більше ви знаєте, то легше вам зрозуміти фізичну природу процесів і явищ, які створюють проблемну ситуацію. А без такого аналізу вийти на ІКР не вдасться...

А взагалі-то основний недолік нашої системи освіти якраз і полягає в тому, що знання нам дають, але не вчать, як їх можна застосовувати...

Ось просте завдання — «Про заготовку для труб». Існує спосіб виготовлення труб, особливо великого діаметра, з вальцьованого листа. Для цього заготовку вальцюють на лист, а потім згортають у трубу (або на дві половинки) й зварюють. Тут і виникає проблема: щоб отримати лист потрібної площі й товщини, заготовка повинна мати чітко визначений об'єм. А відрізають її від болванки, що не завжди має правильну форму. Доводиться відрізати більше, зважувати, а потім прибирати зайве. Займає ця процедура багато часу, й відходів також багато. Що вдіяти?

Принцип розв'язування таких завдань, на які досі видають серйозні авторські свідоцтва, запропонував ще дві тисячі років тому мешканець Сіракуз громадянин Архімед. Він помітив, що рівень води у ванні піднімається настільки, скільки займає об'єм його тіла. Залишається вчасно зупинитися й зазначити рівень води на самій болванці, що відповідає необхідному об'єму заготовки. ІКР — рідина може зробити це сама, для чого її досить злегка підфарбувати, відтак відрізати заготовку по лінії, яку залишила підфарбована рідина на поверхні болванки.

Повернемося до завдань дугового прожектора — образу свічки Яблочкова. Під час горіння дуги (**завдання 1**) кінці

²³ Див.: Использование физических и химических эффектов при совершенствовании химических систем : методические указания / сост. В. А. Михайлов. Чебоксары: ЧувГУ, 1985. 49 с.

електродів обгоряли, відстань між ними збільшувалася, й дуга рвалася — гасла. Варто було запропонувати ідею датчика для автоматичного регулювання довжини дуги.

У чому полягав основний недолік механічних регуляторів? У тому, що дуга горіла сама собою, а регулятори також крутилися, зсовуючи електроди, самі собою. *Не було узгоджено ритму роботи частин системи.* Відсутність цього узгодження відразу ж стає очевидною, щойно ми сформулюємо ІКР: *дуга мусить сама регулювати свою довжину.* Інакше кажучи, між одним із параметрів дуги й регулятором (його ще називають виконавчим механізмом) повинен існувати чіткий зворотний зв'язок. Якщо, наприклад, ми хочемо регулювати довжину дуги за відстанню між контактами, слід установити «датчик відстані», що вмикатиме підкручувальний двигун. Як визначати цю відстань, коли вона весь час змінюється? І який датчик витримає таку температуру?

Можна регулювати довжину дуги за зміною яскравості, а для цього потрібен чутливий датчик світлового потоку. Зараз їх багато, зокрема напівпровідникових, але в той час фотоефект Столетова ще не був відкритий.

Найпростіше — з погляду елементарної фізики — розглядати дугу як ділянку електричного кола, через який проходить струм і який має свій опір із відповідним падінням напруги. Ці три величини пов'язані з одним із найвідоміших законів електротехніки — законом Ома.

Дуга — це навантаження електричного кола, на неї падає основна частина напруги. У разі збільшення відстані між електродами опір ділянки теж збільшується, що призводить до зменшення сили струму. Відповідно, в разі зменшення відстані величина струму зростає. Ці відхилення ще сто сорок років тому можна було вловлювати приладами й використовувати для вмикання/вимикання двигуна. І жодних проблем у наш час, в еру електроніки.

А тепер спробуємо подовжити електроди, щоб збільшити час їхнього горіння, не змінюючи розміру всього пристрою (**завдання 2**). І технічна, й фізична суперечності тут сформульовані вкрай зрозуміло, тому застосовувати для пошуку розв'язку таку потужну зброю, як АРПС, немає сенсу. Використаємо інший метод — так зване ТРВЗ-«карате».

У завданні про технічний водопровід ми помітили, що продуктивність «зішкрябувача» та його розміри взаємопов'язані. Такий взаємозв'язок становить суть технічної суперечності, і він є в будь-якому завданні. Свого часу Г. С. Альтшуллер та його учні склали перелік взаємопов'язаних показників: вага, потужність, розміри, продуктивність, зручність в експлуатації тощо — усього тридцять дев'ять параметрів. За їхньою допомогою вдалося (на це «вдалося!» витрачено п'ятнадцять років!) скласти *таблицю типових прийомів розв'язування технічних суперечностей*.

Аналізуючи патентний фонд, Г. С. Альтшуллер зробив приголомшливий і для нього самого висновок: у різних галузях техніки завданні розв'язують однаково! *Немає завдань «авіаційних» і «кондитерських», тобто функційних. Немає завдань «механічних» і «електричних», тобто структурних.* Ці ознаки для класифікації винахідницьких завдань не підходять. *Існує один спільний критерій — прийом, за допомогою якого можна розв'язати технічну суперечність!*

І почалися пошуки типових прийомів. Для початку було відібрано сорок тисяч «сильних» розв'язків. Їх аналіз дав можливість сформулювати тридцять п'ять прийомів.

Уявіть собі це співвідношення: сорок тисяч завдань — і лише тридцять п'ять прийомів! Здавалося б, можна з полегшенням зітхнути й святкувати перемогу: те, що намагалися збагнути десятки, навіть сотні дослідників методики технічної творчості (до речі, наука про методи пошуку нових технічних розв'язків давно має назву «евристика»), виявлено й сформульовано!

В основі періодичної таблиці Менделєєва — атомна маса елементів — параметр абсолютно об'єктивний. В основі відбору та формулювання прийомів — теж об'єктивний параметр — спосіб розв'язання технічної суперечності.

Далі процес здавався таким: у завданні виявляємо суперечність, для розв'язання якої методом перебирання знаходять відповідний прийом.

Проте частина завдань виявленими прийомами не розв'язувалася. «Отже, — міркували дослідники, — ми виявили ще не всі прийоми. Було відібрано ще п'ятнадцять тисяч завдань із «сильним» розв'язком. Їх аналіз дав лише п'ять нових прийомів.

Сьогодні в інформаційному фонді ТРВЗ — сорок прийомів усунення технічних суперечностей²⁴. Більшість із них деталізовано й подрібнено на два чи три підприйоми (усього прийомів із підприйомами — приблизно сто).

І тут з'явилася «власна» діалектична суперечність: щоб успішніше розв'язувати кожен тип завдання, прийомів має бути багато, а ще вони мають бути максимально спеціалізовані. Але щоб скоротити час і кількість варіантів, із яких перебирають, й охопити якомога більше завдань, прийомів має бути мінімально, тобто кожен із них має бути універсальним.

Імовірно, що саме на цьому етапі було зроблено один із найважливіших кроків щодо формування ТРВЗ як науки: не чіпляючись за результат, здобутий величезною працею, дослідники змогли усвідомити, що прийоми — тільки частина методів, за допомогою яких можна розв'язувати завдання. До того ж частина, мабуть, найконсервативніша, що не має діалектичного розвитку. І, зрозумівши це, піти далі — до алгоритму розв'язування завдань.

²⁴ Див., наприклад: Марков С. Приемы разрешения противоречий в ТРИЗ. *Genvive*. URL: <https://geniusrevive.com/priemy-razresheniya-protivorechij-v-triz/11>

Правду кажучи, прийоми не залишилися цілком закинутими... Працювати з прийомами складно з двох причин. По-перше, жоден із них не вкаже прямо, яким мусить бути принцип дії необхідного вам інструмента. Він лише підказує, у якому напрямі краще шукати розв'язок.

І друге: прийомів багато. Як обрати той, напрям якого «найкращий»?

З цією метою було складено *таблицю використання основних прийомів усунення технічних суперечностей*²⁵. Відкрийте її й погляньте на перший лівий стовпець та верхній горизонтальний рядок. Позначення в них — від 1 до 39 — повністю збігаються. Це, як ви вже зрозуміли, взаємопов'язані параметри. У клітинках на полі таблиці проставлені числа від 1 до 40. У кожній клітинці — одне, два, три, а то й п'ять чисел. Це номери прийомів.

Як розв'язувати завдання за допомогою таблиці? Найперше, отримавши умову завдання, ви визначаєте, що слід у ній змінити: збільшити, зменшити, пришвидшити, уповільнити тощо, — і знаходите потрібний рядок у вертикальному стовпці. До речі, варіантів розв'язків — таких рядків — може бути декілька, й усі варто розглянути. Далі для кожного змінного параметра (для кожного рядка) ви з'ясовуєте, що неприпустимо змінюється, й знаходите ці параметри у верхньому горизонтальному рядку. Записуєте номери прийомів, розташовані в клітинці на перетині рядка й стовпця в тому порядку, у якому вони подані. Саме так варто розглядати прийоми для пошуку розв'язків. Якщо у вас декілька варіантів поєднання параметрів, випишіть ті прийоми, що трапляються найчастіше, й починайте пошук розв'язку з них.

²⁵ Див.: Альтшуллер Г. С. Таблица применения приемов разрешения технических противоречий. *Альтшуллер Генрих Саулович*. URL: <https://www.altshuller.ru/triz/technique2.asp>

Як приклад можна розглянути *завдання про мішалку для розтопленої сталі*. Ви, звичайно, його пам'ятаєте. Спробуємо розв'язати це завдання за таблицею прийомів.

Отже, під час роботи мішалки відбувається її розчинення. Можна сказати, що *потрібно підвищити тривалість дії рухомого об'єкта* (рядок 15), *оскільки відбуваються неприпустимі втрати речовини* (стовпець 23). На перетині отримуємо такі прийоми: 28, 27, 3, 18.

Якщо згадати, що мішалку зі звичайної сталі намагалися замінити жаростійкою, але ця заміна істотно підвищувала вартість приладу, то завдання можна сформулювати так: *слід зменшити втрати речовини* (рядок 23). Однак водночас неприпустимо підвищується складність приладу (параметра вартості немає, тож це можна розглядати як складність) — стовпець 36. Маємо такі прийоми: 35, 10, 28, 24.

Прийом 28 «Принцип заміни механічної системи» трапляється двічі. Почнемо з нього.

Прийом 28а радить нам замінити механічну схему оптичною, акустичною або «запаховою», інакше кажучи, перенести принцип дії системи на мікрорівень. Порада гарна, якби наше завдання стосувалося «вимірювання» або «виявлення». Хоча... Цікаво, чи існує спосіб перемішування за допомогою ультразвуку? Адже під прийом 28б пропонує використовувати поле — магнітне або електромагнітне — для взаємодії з об'єктом.

Розв'язок надто складний — потрібно змінювати всю систему. Але його можна використати під час нового проєктування...

Прийом 27 «Принцип дешевої недовговічності замість дорогої довговічності» якраз наявний. Він теж нам не підходить.

Прийом 3 «Принцип місцевої якості» вже прямо натякає:

- За — структура об'єкта має бути неоднорідною;
- 3б — різні частини об'єкта мусять виконувати різні функції;

- Зв — кожна частина об'єкта повинна бути в найбільш сприятливих для її роботи умовах.

Так... З одного боку, схоже на малюнки з серії «Що б це означало?». З іншого — спробуємо з'ясувати.

Відповідно до рекомендацій прийому 3, однорідну мішалку варто зробити неоднорідною, щоб кожна частина виконувала свої функції в найбільш сприятливих умовах. Підемо від супротивного. Найбільш несприятливі умови — на поверхні мішалки, що контактує з розтопом сталі. Отже, поверхня мусить контактувати й не топитися. Напевно, ідею зробити мішалку з покриттям із жаростійкої сталі або з кераміки можна було б знайти без прийомів, але працювати такі мішалки не будуть: покриття із жаростійкої сталі однаково передасть тепло всередину, й від усієї мішалки невдовзі залишиться лише її жаростійка оболонка... Керамічна мішалка температуру витримує, але під час перемішування в'язкої сталі ламається. Для міцності її треба армувати, тобто вводити всередину сталевий стрижень — умовно кажучи, створювати залізобетонну мішалку.

І все ж ми ще не перевірили, що радить прийом 24 «Принцип посередника». Як посередник, тобто проміжний об'єкт, якого на певний час можна приєднати до мішалки і який не передаватиме дію температури розтопу сталі на поверхню мішалки, може бути твердий шлак. А як про це здогадатися?!

Як бачите, працювати з прийомами справді складно. Потрібен великий досвід розв'язування завдань, щоб перекладати натяки рекомендацій прийомів на принципи дії механізмів. *Опанувати прийоми варто, за ними — способи реалізації законів розвитку технічних систем.* Це перше. Й головне. Друге, теж дуже важливе: *за прийомами — весь величезний світ техніки — від найпростіших важелів до найтонших фізичних ефектів.* Формально це вже інші розділи інформаційного фонду

— показчик фізичних ефектів і явищ, а також показчик геометричних ефектів. Проте фактично розмежувати їх неможливо: більшість прийомів можна реалізувати лише за допомогою фізичних і геометричних ефектів.

Спробуємо використати типові прийоми усунення технічної суперечності для пошуку розв'язку **завдання 2** — про довгі електроди. Найвідповідніший рядок — третій — «Довжина рухомого об'єкта». Найвідповідніший стовпець — сьомий — «Об'єм рухомого об'єкта» (у восьмому стовпці — риска). Рекомендовані прийоми такі: 7, 17, 4, 35.

Що вони нам пропонують? Модель, де один об'єкт розташований усередині другого об'єкта, що так само міститься всередині третього, й так далі (7а), або один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті (7б). Електрод у вигляді телескопічної антени — теоретично цілком відповідне рішення, але реалізувати його практично буде доволі складно.

Прийом 17 рекомендує забезпечити можливість пересування або розміщення об'єкта в просторі в трьох вимірах (17а), а також використовувати багатоповерхове компонування замість одноповерхового (17б). Те саме, тільки натякаючи значно тонше, пропонує зробити прийом 4: «Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної». Якщо взяти як вісь симетрії лінію дуги й електродів, то натяк можна зрозуміти так: електрод має зігнутися. Але ж він прямий, жорсткий! Тож дослухайтесь до поради прийому 35 і зробіть його гнучким, динамічним. Тоді ви отримаєте те, що відбувається все частіше й частіше, — комплексний розв'язок.

Ще маєте якісь сумніви? Погано уявляєте, як це виглядає? Розірваний велосипедний ланцюг, змотаний у спіраль. Котушка дроту. Зрештою, електрод, зроблений у вигляді спіральної пружини. Однак за такої умови його треба буде не просто поступово подавати в зону дуги, а ще й обертати. Крім того, можна

пересувати вкручуючи — тоді поступальний і обертальний рухи поєднуються. Як у різьбі.

На це завдання дуже схоже **завдання 5**: за різної швидкості згоряння електродів (позитивний згоряє швидше від негативного) отримати постійну довжину дуги.

Перший варіант вимальовується миттєво: нехай плюс і мінус поміняються місцями, тоді обидва електроди згорятимуть однаково. Проте в ті роки отримувати й використовувати змінний струм майже не вміли. Тому сформулюємо суперечність для постійного струму.

Якщо розглядати процес згоряння електрода як його розтоплення й випарування, то одну фізичну суперечність можна визначити так: дуга має викликати підвищене топлення електрода й водночас збільшення топлення не має впливати на довжину. Тоді на що ж? На ширину, тобто на площу поперечного перерізу. Інакше кажучи, позитивний електрод має бути товщим.

А якщо все-таки спробувати зберегти товщину електродів однаковою? Тоді фізичну суперечність варто формулювати інакше: позитивний електрод має бути довшим від негативного, й у будь-який момент горіння дуги їхні верхні кінці мають бути розташовані на однаковій відстані один від одного.

Щоб унаочнити найкращий розв'язок, проробить мисленнєвий експеримент. Поставте (в уяві!) на столі поряд два олівці, як свого часу це зробив Яблочков, при цьому один олівець наполовину коротший від іншого. А вам потрібно, щоби їхні верхні кінці були на одному рівні. Звичайний інженер опускає нижній кінець довгого олівця вниз і поступово, відповідно до згоряння верхнього кінця, підштовхує його вгору, для чого ставить спеціальний регулятор, тобто знову ускладнює систему... Фахівець, що знає ТРВЗ, формулює суперечність: довгий олівець має бути розташований на одній основі з коротким олівцем і досягати такої самої висоти,

як і короткий. Для цього він тисне на верхній край довгого олівця, щоб притиснути його. Що, не йде? Чому? Твердий? Тоді погано:десь у вашій свідомості ще сидить психологічна інерція. Адже вам ніхто не заважає уявити олівець гумовим (чи терміни все-таки завадили?!) — такий можна легко притиснути.

Одну вимогу ми виконали. Але в нас утворилося «пузо»: зайва частина довжини стирчить убік, і відстань між частинами «пуза» й іншим електродом стала змінною. А має бути постійною, однаковою, дорівнювати відстані між кінцями електродів. Що вдіяти? Будемо загинати «пузо» навколо першого електрода, зберігаючи положення верхніх кінців на одному рівні. Унаслідок цього позитивний електрод обвиває негативний по колу, утворюючи спіраль. Фізичну суперечність розв'язано повністю!

Такий розв'язок запропонував П. М. Яблочков. На остаточну відповідь можна було вийти й за допомогою таких прийомів: негативний електрод розташований усередині позитивного (прийом 7), у результаті чого конструкція виходить об'ємною (прийом 17).

Над завданням 4 ще думаєте? Уже розв'язали? Зрозуміло, адже кілька натяків було зроблено.

І все-таки розглянемо завдання ще раз, без «осянь», діючи за правилами. Найперше, як годиться, проаналізуємо, чому дуга падає вниз. А тому, що вона весь час розташована між провідниками — зовнішніми поверхнями електродів, які мають опір. Оскільки електричне коло завжди прагне замкнутися в ділянці з найменшим опором, то дуга збігає вниз і зупиняється біля основи електродів — «на підлозі», що зроблена з ізолятора.

Завдання можна розв'язати різними способами. З нашою підготовкою досить ґрунтового логічного аналізу: якщо підняти «підлогу» вище, то й дуга зупиниться вище. Піднімаємо «підлогу»-ізолятор до верхніх кінців електродів — дуга запалиться й нікуди не впаде. Першу частину завдання розв'язано: простір

між електродами слід заповнити ізолятором, і відповідно до того, як згорятимуть електроди, рівень «підлоги»-ізолятора теж має знижуватися. За ідеального розв'язку — знижуватися самостійно. Впливати на ізолятор може тільки дуга, точніше, її температура — інших ресурсів немає.

Звідси друга частина розв'язку: склад ізолятора мусить забезпечувати його згоряння зі швидкістю згоряння електрода. Дібрати такий склад фахівцеві з кераміки не проблема.

За свічкою Яблочкова залишається **завдання 6** — найскладніше. Застосуємо до нього АРПС. Оскільки умову вже фактично сформульовано, відразу перейдемо до першої частини.

Крок 1. Технічна система для запалювання дуги складається з електродів, керамічного ізолятора між ними й дрової перетинки, що замикає електроди. Після першого ввімкнення свічки перетинка згоряє і, аби забезпечити повторне запалювання дуги, між електродами потрібно встановити нову перетинку, однак робити це щоразу технічно складно.

Схема завдання:

ОФ — замикання електродів свічки для запалювання дуги.

ПД — установлення дрової перетинки між електродами.

Замінімо термін «дрова перетинка» поняттям «перемикач».

Склад системи: електроди, ізолятор.

НЕ₁ — неможливість повторного запалювання дуги.

ЗУ — встановити новий перемикач.

НЕ₂ — складність установлення нового перемикача.

$$\text{ТСп}_1: \text{ЗУ} \rightarrow \overline{\text{НЕ}_1} \rightarrow \text{НЕ}_2.$$

Якщо встановлювати новий перемикач, то усувається неможливість повторного запалювання дуги, але виникає складність із його встановленням.

$$\text{ТСп}_2: \overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{НЕ}_2} \rightarrow \text{НЕ}_1.$$

Якщо нового перемикача не ставити, то складнощі з його встановленням не виникають, але зберігається неможливість повторного запалювання дуги.

Крок 2. Визначення винахідницького завдання:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} + \overline{HE_1}.$$

Необхідно, не встановлюючи щоразу нового перемикача й у такий спосіб не ускладнюючи системи, забезпечити можливість повторного запалювання дуги.

Крок 3. Оперативна зона (ОЗ): поверхня ізолятора між електродами.

Крок 4. Оперативний час (ОЧ): $T = T_1 + T_2 + T_3$, де конфліктний час T_1 — час увімкнення дуги (згоряння перетинки), T_2 — час горіння дуги, а T_3 — час виконання основної функції (ОФ).

Крок 5. Фізична суперечність на макрорівні (М-ФСП): проміжок між електродами має бути провідним під час підпалювання дуги й непровідним під час її горіння.

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСП): у проміжку між електродами повинні бути провідні частинки речовини під час підпалювання дуги, і таких частинок не повинно бути під час її горіння.

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР): система сама мусить забезпечувати наявність провідних частинок речовини між електродами під час підпалювання дуги й непровідних — під час її горіння.

Як же забезпечити виконання ІКР? Розглянемо детально процес горіння дуги після її першого підпалювання: від високої температури утворюються пари електродів та обмазки-ізолятора. Після того, як дугу погасили, легкі фракції парів випарувалися, а важкі осіли, зокрема на поверхню ізолятора між електродами. Це означає, що є шар, потрібно тільки, щоб він «став провідним».

Проаналізуємо цей ланцюжок у зворотному напрямку: шар утворюється з парів, пари — з матеріалів електродів та обмазки. Це означає, що в цих матеріалах мусять бути елементи, що, згоряючи (можливо, реагуючи один з одним у процесі горіння за високої температури), утворюють пари, які можуть осісти й створити тонку провідну плівку. Навіть несутільну. Електрики добре знають, що пробиття повітряного проміжку, особливо на поверхні якогось матеріалу, може проходити «містками» з провідних ділянок. Саме цю властивість використав Яблочков. Трохи фізики, трохи хімії...

...І ТРОХИ ГЕОМЕТРІЇ

— *Як будують високі башти? —*
запитали одного разу Ходжу Насреддіна.
— *Дуже просто, —* відповів хитрий Насреддін.
— *Спочатку копають глибокі колодязі,*
а потім вивертають їх навиворіт.

Ці варіанти з'являються зовсім несподівано, коли досить вигнути, вивернути навіпаки, скласти в буклет або зібгати, використати сферичність... І розв'язок, що на перший погляд потребував застосування надприродних ефектів, — у ваших руках.

Як, наприклад, виміряти висоту піраміди Хеопса? На думку Фалеса з Мілета (640/625–548/545 роки до нашої ери), дуже просто: коли тінь від палиці дорівнюватиме її довжині, довжина тіні піраміди дорівнюватиме її висоті.

А що кажуть у XXI столітті?

Перший натяк на застосування геометричного ефекту був ще в завданні Робінзона Крузо, коли ми розглядали човен як гойдалку. З погляду механіки гойдалка — це звичайний важіль: на одному кінці вантаж, на іншому — сила, а між ними — точка опори.

У завданні про примхливу гойдалку С. Швенк (див. розділ 11), змінивши лише форму ємності для розтопленого металу, позбувся спеціального рухомого вантажу в протизвазі гойдалки.

Переріз крила літака або корабля на підводних крилах несиметричний: нижня частина рівна, а верхня — опукла. Тому потік повітря чи води, розрізаючись крилом, обтікає його згори та знизу з різною швидкістю: знизу шлях коротший — і швидкість менша, згори шлях довший — і швидкість вища. А що вища швидкість потоку, то менший тиск на поверхню крила. Різниця тисків на крило знизу та згори й створює його підйомну силу. Здебільшого — лише через різницю в кривизні поверхонь...

Одна з фізичних суперечностей (ФСп) у завданні про бурт бавовни звучала так: каналоутворювач має бути великий під час створення каналу й малий під час витягування (як розмір розуміли його діаметр).

А ІКР мав такий вигляд: технічна система мусить сама забезпечувати відділення поверхні каналоутворювача від поверхні бавовни, щоб усунути тертя поверхонь під час витягування.

Ці формулювання пропонують іще один варіант розв'язку, але вже з використанням геометричного ефекту. Як?

Скрутіть аркуш паперу в багатошарову трубочку. Засуньте в неї палець і покрутіть кінчик паперу в напрямку скручування трубочки. Скручуючись за спіраллю, кожен шар паперу потягне за собою наступний. Унаслідок цього діаметр трубочки стане меншим — це і є ідея четвертого розв'язку: «жердина», зроблена у вигляді труби зі скрученого в спіраль тонкого листового матеріалу. Коли її потрібно витягнути, спіраль скручують і зменшують тим самим діаметр «жердини», відділяючи її поверхню від поверхні бавовни.

Проте, мабуть, найкращі розв'язки — у свічці Яблочкова. Їх щонайменше два: паралельне встановлення електродів і згинання довшого позитивного електрода навколо негативного електрода по колу. Хоча, якщо пам'ятаєте, були й інші варіанти, теж дотичні до геометрії.

Застосування геометричних ефектів стало помічним у реалізації певних ідей одного з авторів цього посібника, частково зафіксованих в авторських свідоцтвах.

Історія однієї ідеї пов'язана з роботою в Одеській обласній станції юних техніків, де протягом майже восьми років діяв гурток конструювання й винахідництва. Зазвичай перше завдання, що його виконували учні 5–6-х класів, — модель самохідного візка. Модель дуже проста. За наявності деяких навичок її можна зробити за годину-півтори.

До фанерної основи за допомогою різних залізячок (як правило, деталей конструктора) на осях кріпили три або чотири колеса, електричний мікродвигун, батарейку й вимикач. Вал мікродвигуна звичайною аптечною гумкою з'єднували з однією з осей, на якій були колеса. І влаштовували змагання: на швидкість, на довжину руху по прямій, на підйом...

Тут було про що поговорити: чому не тягне пряма передача обертання з вала двигуна на вісь коліс, чому доводиться ставити шків, що таке обертальний момент, як працює коробка швидко-стей автомобіля та ще багато іншого.

Основна тема, — звичайно ж, швидкість. Аналізуючи кінематичну схему автомобіля, усі досить упевнено відповідали: швидкість залежить від кількості обертів двигуна й передатного відношення трансмісії. Залежність швидкості від діаметра колеса помічав мало хто. Доводилося ставити додаткові питання, створювати детективні ситуації: «Як, не вимикаючи спідометра, проїхати більше, ніж він показує?» (до речі, гарний, хоч дещо і трудомісткий, варіант економії пального, особливо на сліпих пробігах), «Чи може фактична швидкість бути вищою від тієї, що показує робочий спідометр?» тощо.

І тут уперше став відчутний результат багаторічної роботи з ТРВЗ: ідея міняти колеса на ходу, під час руху, цілком природно

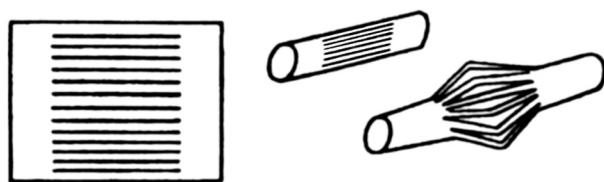
вилилася в ідею необхідності міняти діаметр одного й того самого колеса в різних умовах — залежно від швидкості, тривкості ґрунту й кута нахилу рельєфу. В уяві тут-таки виник візок, що швидко їхав по рівній твердій дорозі на високих вузьких колесах. Потім ґрунт зробився більш м'яким, колеса осіли, стали нижчими й ширшими. Швидкість зменшилася, хоч двигун працював на таких самих обертах. Затим почалися горби та канави, й перед кожною зміною рельєфу відповідне колесо міняло діаметр, тому візочок весь час зберігав своє горизонтальне положення.

Ідея конструкції з'явилася відразу, як виник малюнок колеса змінного діаметра. Найсмішніше, що таке колесо, виявляється, існує років із двісті. Варто лише подивитися на один добре відомий малюнок під іншим кутом — повернувши його на 90° .

Зараз посміхнетеся й ви. Це відцентровий регулятор парової машини Ватта, тільки з горизонтальною віссю. Залишалося подовжити рухомий важіль за шарнір (вийшла система важелів, дуже схожа на ножиці), з'єднати вільні кінці «ножиць» гнучкими пружними елементами, здатними витримувати вагу машини, й густо понаставляти таких ножиць навколо осі обертання, щоб між гнучкими елементами не було отворів.

Зробити модель такого колеса дуже просто. Насправді це китайський ліхтарик (малюнок 10.2).

На цьому малюнку добре видно, чому таке колесо не може працювати: щойно ви зсовуєте один кінець ліхтарика назустріч іншому,



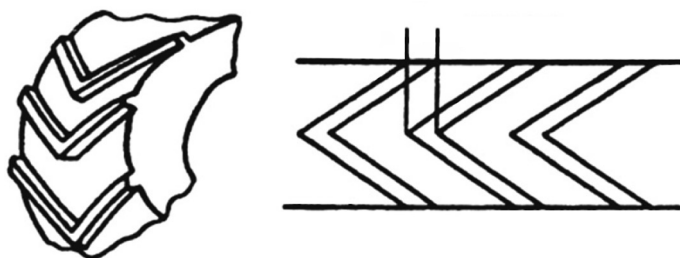
Малюнок 10.2. Китайський ліхтарик

розрізана частина починає «випирати», збільшується діаметр, і між смужками паперу з'являються просвіти. Колесо перестає бути круглим, утрачаючи свою головну властивість — здатність плавно перекичуватися з точки на точку. Відповідно, починає «стрибати» вісь колеса, й вібрація передається всьому візку.

З погляду ІКР ті просвіти-проміжки між пружними елементами, що виникають під час збільшення діаметра й утворюють зовнішню поверхню колеса, мають заповнюватися самі, тобто тими самими пружними елементами.

Спробуйте уявити роботу колеса на дорозі — опорній поверхні. Перекичування можливе тоді, коли кожна попередня точка зовнішньої поверхні колеса розташована на однаковій відстані від осі обертання й усі точки, що перекичуються, лежать на одній площині обертання. (Для порівняння можна уявити колесо у вигляді тонкого диска.)

А тепер згадайте колеса машин-усюдиходів із протектором типу «ялинка». Ребра «ялинок» — «гілочки» — істотно виступають над суцільною поверхнею колеса. Щоб таке колесо не «стукало» по дорозі, кожна наступна «гілочка» має починатися раніше, ніж закінчиться попередня. Опорна точка — точка дотику колеса з дорогою — перескакує з однієї «гілочки» на іншу, а в момент перескоку колесо спирається на дорогу обома «гілочками» (малюнок 10.3).



Малюнок 10.3. Колесо з «ялинкою»

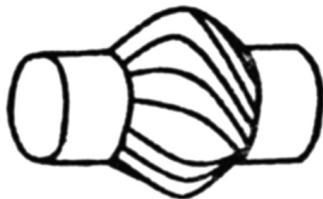
Виходить, у разі збільшення діаметра, щоб колесо з пружних елементів не скакало, вони повинні «передавати» один одному точку опори, тобто розташовуватися під кутом до площини обертання. І що більший діаметр, то меншим має бути кут між елементом і площиною обертання колеса.

Так було сформульовано фізичну суперечність: пружні елементи мають бути розташовані паралельно до осі обертання за мінімального діаметра й перпендикулярно до осі обертання за максимального діаметра.

Знову візьміть у руки ліхтарик. У розтягнутому стані смужки середньої частини витягнуті вздовж циліндра, паралельно до його осі. У зсунутому стані смужки мають не просто стирчати назовні, а повернутися на 90° і розташуватися перпендикулярно до осі циліндра. Для цього, зсовуючи один назустріч іншому, потрібно повертати кінці навколо осі (малюнок 10.4).

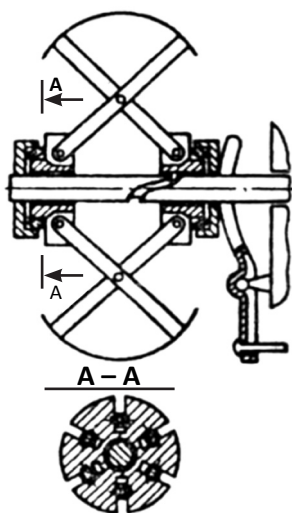
Технічно це можна розв'язати так само, як забезпечити обертання кулі в нарізній зброї: за допомогою ґвинтових канавок, нарізаних у стволі. Під час руху по стволу куля закручується по поздовжній осі й у польоті набуває стійкості.

Основу колеса становлять важелі, з'єднані як ножиці. На верхніх кінцях установлені гнучкі елементи, якими колесо спирається на землю. А нижні кінці повинні спиратися на вал і мати можливість одночасно пересуватися вздовж нього. До того ж кожен важіль не лише рухатиметься вздовж вала, але й



Малюнок 10.4. «Скручений» китайський ліхтарик

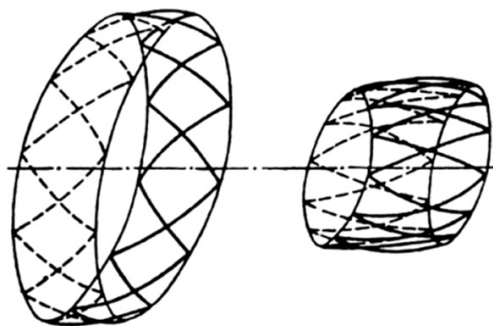
повертатиметься. З'єднаємо всі нижні кінці важелів шарнірно з муфтами, а муфти посадимо на вал. Кожна муфта має виступ у бік вала. А вал має гвинтову канавку, куди входять ці виступи. Тому муфти, ковзаючи по валу, розвертають площину шарнірно з'єднаних між собою важелів і в такий спосіб обертають пружний елемент на верхніх кінцях відносно осі вала (малюнок 10.5).



Малюнок 10.5. Конструкція колеса змінного діаметра

Здавалося б, завдання розв'язане — й за принципом дії, й за конструкцією. І розв'язок ніби непоганий, технічно цілком реальний. Проте якось син запитав: «А чому б не поєднати сусідні кінці важелів один з одним? І не по одному, а навхрест? І просвіти закриються, й площа опори збільшиться!».

Правильно сказано: вустами дитини (йому було тоді 11 років) глаголить істина. Конструкція різко спростилася. Тепер поверхня колеса складалася з паралелограмів, загнутих у кільце й таких, що утворюють обід, і системи важелів, що змінюють діаметр колеса завдяки зміні довжини кільця (малюнок 10.6. стор. 224).

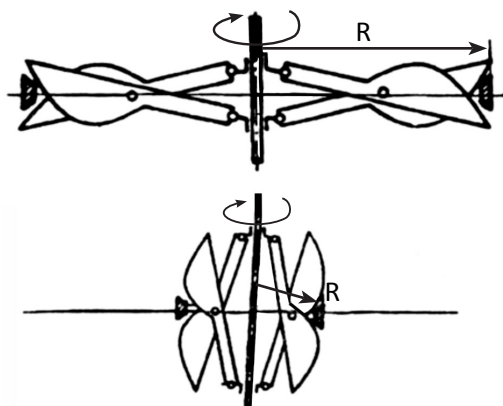


Малюнок 10.6. Принцип зміни діаметра колеса

Патентний пошук показав, що зміна діаметра колеса цікавить багатьох фахівців, особливо в сільськогосподарському машинобудуванні. Також геологів, полярників і космонавтів. І траплялися доволі цікаві конструкції. Нашого варіанту — за допомогою двоплечових важелів змінювати довжину кільця у вигляді системи паралелограмів — серед відомих не було...

Прикметно, що шків змінного діаметра, створений за таким самим принципом для клинопасової передачі, пройшов експертизу досить швидко — майже за два роки. Ідея зробити шків виникла відразу ж, щойно з'явилася конструкція колеса. До того ж два варіанти: пласкопасовий — з опорою паса на тих самих пружних елементах, і клинопасовий — із використанням верхніх кінців важелів вище від точки їх шарнірного сполучення.

Тут виникло ще одне завдання: під час зміни положення важелів один щодо іншого змінюється й кут між ними. А переріз клинуватого паса, очевидно, постійний. Суперечність була настільки зрима й чітка, що її розв'язання не вимагало зусиль: оскільки переріз паса ми змінити не можемо, то потрібно змінити форму кінців важелів так, щоб кут між дотичними, проведеними в точці дотику паса з поверхнями важелів, був завжди однаковим (малюнок 10.7, а. с. 1612166).



Малюнок 10.7. Шків змінного діаметра

Крива виявилася складною. Будувати її довелося емпірично, по точках, змінюючи положення важелів. Згодом професор І.В. Шрагін розрахував форму поверхні важелів (Меерович, Шрагин, 1994).

До речі, й тут під час патентного пошуку виявилось багато надзвичайно цікавих конструкцій, зокрема два німецькі патенти на шків змінного діаметра за 1900 і 1911 роки (!!!).

Неймовірно цікава робота — розкопувати патентний фонд! Береш до рук опис винаходу, і практично з першого погляду зрозуміло, що рухало автором або авторським колективом, — творчі муки чи можливість недбало кинути: «У мене цих авторських понад сотня!». І бачиш ще одне, коли береш до рук Ідею: як борсається людська думка, скидаючи з себе товсту закам'янілу шкаралу з звичних знань та уявлень! Як вона б'ється, розриваючи павутину психологічних заборон: цього не може бути тому, що не може бути ніколи! Як, зрештою, виривається й стає зрозумілою, цілісною, без жодної зайвої деталі — такою, якою й мусить бути справжня Річ.

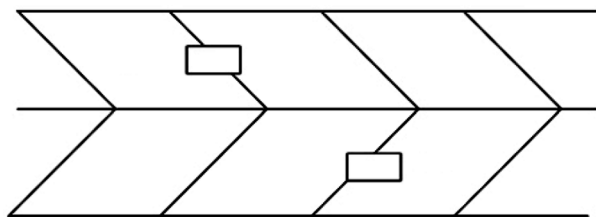
Дійсно, речей нецікавих у світі немає! Навіть така, на перший погляд, сіра одноманітність, якими є нескінченні кілометри асфальтних і бетонних доріг, — справжній скарб для винахідників.

Ось декілька прикладів.

Що робити з мільярдами зношених шин? Спалювати? Так можна отруїти атмосферу всієї планети. Переробляти? На що? Штучна гума поки ні на що не придатна. Шведські інженери-дорожники запропонували додавати подрібнену гуму від шин як наповнювач до бетону для дорожнього покриття. Новий композит нараз розв'язав деякі проблеми: підвищив безпеку руху завдяки кращому зчепленню автомобіля з дорогою, зменшив щільність і вартість бетону, звільнив поверхню Землі від відходів.

Працює на дорозі й «геометрія». Великий шматок нової дороги в одному з районів Одеської області був викладений із прямокутних бетонних панелей. З'єднання між панелями, звичайно ж, ніхто не залатав, і були вони, очевидно, на різних рівнях. Розташовані ці з'єднання перпендикулярно до руху машини, і перетинають їх то передньою, то задньою парою коліс. Виникає стукіт. Удар коліс об з'єднання не тільки заважає пасажирам — він розбиває підвіску машини.

«Це дуже складно — замість прямокутних плит виробляти такі у вигляді паралелограма? — запитав якимось один з авторів цього посібника дорожньо-начальницьку особу районного масштабу. — Тоді колеса перетинатимуть з'єднання по черзі, принаймні удару не буде» (малюнок 10.8). «Я автошляховик, а не автомобіліст!» — відповів той.



Малюнок 10.8. Дорожні плити у формі паралелограмів

Проте повернемося до доріг. Усе зношується, стирається й асфальт. Як дізнатися, скільки його вже стерто, а скільки ще лишилося, щоб оновити покриття вчасно, не доводячи до утворення діри? Група винахідників (а. с. 1498874) запропонувала вмуровувати в дорожній асфальт на рівні верхнього шару кольорові кульки — «репери», що зношуються з такою самою швидкістю, що й асфальт. Тоді за діаметром кольорової плями можна з'ясувати ступінь зношеності асфальту.

Ідея має недолік, якого не врахували винахідники: як укласти всі кульки одним кольором униз. Адже коли цього не зробити, зношуватимуться обидві половинки, до того ж визначити, яка більша, не знаючи, як лягла кожна кулька, практично неможливо.

Суперечність доволі чітка: що більше зношування, то більшим має бути «п'яточок» верхнього кольору. Очевидно, замість кульки варто ставити конус — вістрям угору. Тоді точно не буде проблем: що більша кольорова пляма, то більше стерся асфальт. Студенти автомеханічного технікуму запропонували ще один варіант: укласти пласкі двоколірні шайбочки, висота яких дорівнює товщині асфальтового покриття. Тільки шайбочки мають бути «склеєні» з двох чотиригранних пірамідок за діагоналлю бокової сторони. Верхня пірамідка — кольору асфальту, а нижня — контрольна — якогось іншого кольору (малюнок 10.9).

Залишається лише вкласти їх контрольним кольором донизу.



Малюнок 10.9. Принцип вимірювання зношення асфальтового покриття

Розділ 11

ВІД ІДЕЇ — ДО КОНСТРУКЦІЇ:

СТВОРЕННЯ ЦІЛІСНОГО ОБРАЗУ

А як утілити ідею розв'язку в конструкцію?

Синектика пропонує прийом «емпатії» —

«уживання» в образ об'єкта.

Розвиток цього прийому й усунення деяких його недоліків

привели ТРВЗ до створення методу ММЧ —

«моделювання маленькими чоловічками».

На прикладах пошуку розв'язку

низки дуже різноманітних проблем

із застосуванням методу ММЧ показано,

як об'єднано творчий інженерний підхід

і суто психологічні прийоми,

що їх використовують у ТРВЗ.

У попередніх розділах на прикладах розв'язування різноманітних завдань ми виявляли технічну та фізичну суперечності й з'ясовували, що нам потрібно: які властивості повинні мати частинки (крок 8 АРПС), щоб забезпечити усунення цих суперечностей на рівні сформульованих ІКР? І чи можна знайти в такій технічній системі або на її «околицях» елементи, що мають необхідні властивості (крок 9)?

Добре, коли вас усе-таки «осяє». Практика розв'язування реальних завдань показує, що нові ідеї з'являються найчастіше під

час роботи над мінізавданнями, коли принцип дії (ПД) системи не змінюється, а всередині неї є значні резерви — ресурси. Коли ж доводиться розв'язувати максізавдання — змінювати ПД або взагалі створювати (синтезувати) нову систему, то досить часто, навіть за вибору відповідного ПД, зупиняєшся перед питаннями «Як реалізувати ідею? Який вигляд мусить мати реальна конструкція системи?».

Перейти від ідеї до розв'язку допомагають «маленькі чоловічки». Для цього в четвертій частині АРВЗ-85 є крок 4.1 «Моделювання маленькими чоловічками».

Основна перевага «маленьких чоловічків» (МЧ) у тому, що це досить зручна публіка. Про таких дітей мріє багато батьків. Про такий народ — будь-яка влада. Ця публіка зручна своєю абсолютною слухняністю: що скажеш, те й зробить.

Попросимо чоловічків попрацювати в завданні. Для цього низкою послідовних малюнків зобразимо ті дії, що їх мають виконати чоловічки, аби був досягнутий наш ІКР.

ПРОБЛЕМА 1. ПРО ВСТАНОВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ДРУКАРСЬКІЙ ПЛАТІ (ЗАВДАННЯ ГОРЧАКОВА)

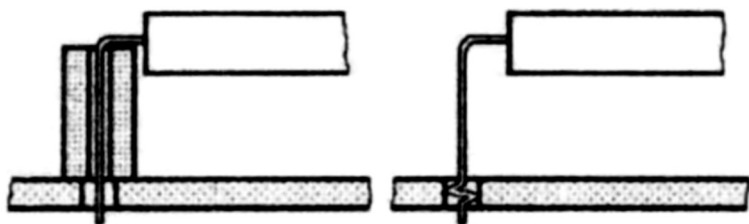
Радіосхеми складають на друкарських платах. Для цього кожний елемент (діод, резистор, мікросхему) вставляють ніжками в отвори в платі й прилютовують зі зворотного боку. Спочатку все це робили вручну й тому дуже повільно. Щоб механізувати процес монтажу плат, вирішили лютувати всю плату однооментно — хвилею люті. Для цього всі елементи (150–200 штук) установлюють на платі так, щоб їхні ніжки виступали з протилежного боку плати на 0,5 мм, зібрану плату встановлюють над поверхнею ванни з розтопленим оловом і створюють у ній «хвилі», щоб розтоп доторкався до нижньої поверхні плати. А щоб олово надійно приліпилося до ніжок елементів, нижню по-

верхню разом із ніжками попередньо змащують спеціальною сумішшю — флюсом.

Для того щоб чіткіше уявити ситуацію, візьміть друшляк, яким відціджують макарони, й десяток сірників, можна згорілих. Уставте сірники в отвори друшляка — і ви миттю зрозумієте, у чому проблема: ніжки радіоелементів, як і сірники, в отворах не тримаються — провалюються (діаметр отворів під радіоелементи — 0,8–1,2 мм, товщина плати — 2 мм, діаметр ніжок 0,2–0,5 мм). Разом із ніжками провалюються й лягають на плату самі елементи, а вони мають стояти над платою на висоті 3–5 мм.

Запропонували одягати (вручну!) на ніжки трубочки певної висоти. А як їх потім зняти? Розтопити?! Зробили трубочки з речовини на зразок парафіну. Склали плату, зробили хвилю. Виявилось, що багато ніжок не прилутувалося. Під час лютування флюс згоряє, утворюються гази, а виходити їм нікуди: зверху отвір закритий в'язкою парафіноювою трубкою, знизу — хвиля люті.

Трубка не підходить. Почали згинати ніжки, щоб вони трималися в отворах, використовуючи тертя. Зробили для цієї операції спеціальний автомат. Але гетинакс (матеріал, із якого виготовляють друкарські плати) ламкий, отримати точний отвір за товщини плати 2 мм складно — зігнуті ніжки то погано вставляються, то провалюються. До того ж, зігнута частина ніжок заповнює отвори, й газам від згорілого флюсу знову немає куди виходити (малюнок 11.1). Що вдіяти?



Малюнок 11.1

Умова зрозуміла? Коротко сформулюємо проблему. В отвори плати потрібно вставити ніжки радіоелементів так, щоб вони виступали з іншого боку плати на 0,5 мм, потім зібрану плату перенести на ванну з оловом і залютувати хвилиною люту, водночас положення елементів на платі має залишитися незмінним.

Ще коротше: вставити ніжки в отвори → виставити на 0,5 мм → утримати в такому положенні → перенести на ванну → залютувати хвилиною.

Тут п'ять операцій, але завдань може бути не п'ять, а значно більше. Наприклад, як створити хвилю люту певної висоти по всій довжині ванни. І все ж ми обмежимося лише двома: виставити ніжки на 0,5 мм і втримати в такому положенні.

ТРВЗ вимагає розв'язувати завдання по одному. Проте, щоб розв'язати перше, навіть АРПС не знадобиться. Нас цілком задовольнять лише друшляк і сірники. Візьміть їх і вставте в отвори друшляка. Що слід зробити, щоб сірники виступали з отворів на потрібну відстань? Правильно, підняти друшляк. І закріпити його в такому положенні.

Залишається друге завдання, значно складніше: утримати елементи в цьому положенні, коли ми переноситимемо плату з місця збирання на ванну. Тут уже застосуємо АРПС.

Крок 1. Технічна система для утримання радіоелементів у друкарській платі складається з плати, радіоелементів і трубочок, що їх одягають на ніжки. Однак трубочки перекривають отвори, у які вставляють ніжки, й заважають виходу газів під час лютування.

Замінімо термін «трубочки» поняттям «утримувачі».

Схема завдання:

ОФ — утримувати радіоелементи над платою у фіксованому положенні.

ПД — встановлення на ніжки «утримувачів».

Склад системи: плата, радіоелементи, трубочки-«утримувачі».

HE_1 — неможливість виходу газів через отвір під час лютування.

$ЗУ$ — зняти «утримувачі» з ніжок.

HE_2 — радіoelementи у фіксованому положенні не тримаються.

Тоді

$$T\text{Cп}_1: ЗУ \rightarrow \overline{HE_1} \rightarrow HE_2$$

Якщо «утримувачі» знімати з ніжок, то гази виходитимуть через отвори, але елементи не втримаються у фіксованому положенні:

$$T\text{Cп}_2: \overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} \rightarrow HE_1.$$

Якщо «утримувачів» не знімати з ніжок, то елементи утримуються у фіксованому положенні, але гази не виходять.

Крок 2. Формулювання винахідницького завдання:

$$\overline{ЗУ} \rightarrow \overline{HE_2} + \overline{HE_1}.$$

Потрібно, не знімаючи «утримувачів» і зберігаючи в такий спосіб їхню здатність утримувати елементи у фіксованому положенні, забезпечити можливість виходу газів через отвори.

Крок 3. Визначення оперативної зони (ОЗ). Конфлікт виникає через те, що кінець «утримувача» перекриває отвір (малюнок 11.1), й утвореним газам немає куди вийти. Отже, ОЗ — зона контакту кінця «утримувача» з отвором у платі, у який уставляють ніжку радіoelementa.

Крок 4. Оперативний час (ОЧ) містить:

T_1 — час конфлікту, тобто час лютування, коли утвореним газам немає куди вийти.

T_2 — передконфліктний час, коли елементи встановлюють і закріплюють в отворах на платі.

T_3 — час виконання основної функції (ОФ), тобто період, коли елементи слід утримувати у фіксованому положенні. Це час від моменту закріплення елемента на платі до закінчення лютування. Очевидно, що T_1 і T_2 є частинами T_3 :

$$T = T_3 = T_1 + T_2.$$

Крок 5. Фізична суперечність на макрорівні (М-ФСп): між кінцем «утримувача» й платою має бути отвір, щоб забезпечити можливість проходження газів, й отвору не має бути, оскільки водночас елементи мають надійно опиратися на плату! Чудова фізична суперечність!

Що ж робити? Вкотре уважно придивімося до оперативної зони (ОЗ). Конфлікт виник, оскільки кінець «утримувачів» (трубочок із парафіну) щільно, без отворів, прилягав до поверхні плати й навіть склеювався з нею. Отже, їх потрібно розмежувати й увести між ними речовину, що була б міцною, як парафін, аби утримувати елементи, й водночас проникною для газів, щоб лютування виходило якісним.

Це й буде формулювання **кроку 6** — фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСп): простір між кінцем «утримувача» й плати має бути заповнений середовищем, проникним для газів під час лютування (час T_1), водночас середовище має бути міцним, аби підтримувати елементи з моменту їх установавлення до закінчення лютування (час T_3). А враховуючи те, що T_1 є частиною T_3 , можемо впевнено сказати, що середовище має бути й міцним, і проникним протягом періоду T_3 .

У цьому місці було б корисно згадати лампу Бабакіна й хірургічну голку. Навіщо? Якщо між кінцем «утримувача» й платою вводять нове середовище, що повинне мати властивість «бути міцним», то для чого потрібен «утримувач»?! Нехай нове середовище виконує «за сумісництвом» і функцію «утримувача»!

Крок 7. Ідеальний кінцевий результат (ІКР) у цьому разі такий: технічна система мусить сама забезпечувати між радіоелементами й платою наявність частинок, що утримують радіоелементи від моменту їх установавлення до кінця лютування й пропускають гази під час лютування.

Що ж змінилося в завданні? Раніше елементи спиралися на плату трубочками, й ці трубочки утримували елементи у фіксованому стані. Тепер функцію утримання елементів у фіксованому стані ми передали частинкам, на які спирається сам елемент. Отвори вільні, тож гази вільно пройдуть через них. Залишилося лише дібрати частинки.

Крок 8. Сформулюємо умови, яким мають відповідати частинки, щоб забезпечити необхідні для кроку 7 протилежні фізичні стани.

Для цього повернемося до першої частини завдання — встановлення елементів так, щоб ніжки стирчали на 0,5 мм із плати. І допоможуть нам у цьому МЧ — «маленькі чоловічки»!

Отже, між нижньою поверхнею плати й поверхнею опори слід утворити отвір 0,5 мм — тоді ніжки елементів вилізуть із плати саме на цю довжину. Тепер мають прибігти «чоловічки», схопити елементи й тримати їх так міцно, щоб вони не впали й не зсунулися під час перенесення плати на олов'яну ванну. Під час лютування «чоловічки» повинні вільно пропустити через себе гази, а коли прилютовані елементи триматимуться самі, «чоловічки» повинні побігти.

Тепер технологічний процес матиме такий вигляд: установа плати на пристрій → встановлення елементів → заповнення простору між елементами й платою «чоловічками» → перенесення плати на ванну → лютування → вилучення «чоловічків».

Вимоги до «чоловічків»:

- за агрегатним станом вони мають бути твердою речовиною, оскільки газоподібні «чоловічки» не втримають елементів у фіксованому висячому положенні, а рідкі «чоловічки» не пропустять газів, до того ж самі «втечуть» через отвори;
- за структурою це мають бути частинки, оскільки бути настільки рухливими, щоб залізти під кожен елемент і щільно схопити його, можуть лише тверді речовини в сипкому стані;

— за розміром вони мають бути досить великими, щоб не висипатися в щілину між ніжкою й стінкою отвору, й досить малими, щоб підлізти під кожен елемент і щільно його схопити.

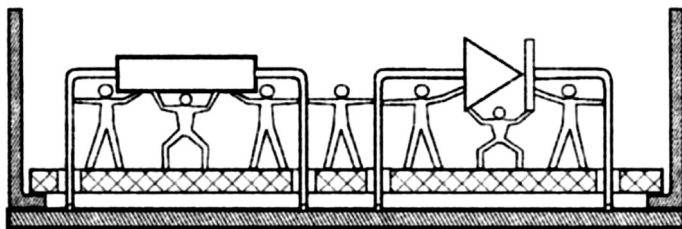
Форму частинок визначає така умова: через них повинні вільно проходити гази. Відкинемо навіть такий неймовірний випадок, коли прямокутні частинки вляжуться щільним рівним шаром без отворів на поверхню плати, тому виберемо частинки круглої або овальної форми.

І ще досить важлива умова: «чоловічки» мусять, хоча б на короткий час, витримувати високу температуру розтопленого олова.

Крок 9. Аналіз складу системи показує, що елементів, які мають сформульовані на кроці 8 властивості, у її складі нема.

Поділимося кумедним епізодом, пов'язаним із цим завданням. Схожа ситуація виникла на заводі з виготовлення радіоприладів, і над ним довго думали, поки не застосували ТРВЗ. Усе відбувалося ввечері, тому пошук необхідного матеріалу вирішили відкласти на ранок. А вдома керівник цеху, де виготовляли ці плати, перерахував дружині вимоги до речовини. «Візьміть ПШОНО!» — відразу ж запропонувала дружина. Німа сцена...

Вранці перші плати, засипані пшоном, були чудово злютовані... Водночас, щоб «чоловічки» не розбігалися, плату з усіх боків обгородили стіною (малюнок 11.2). Пізніше дібрали інший матеріал, більш технічний...



Малюнок 11.2

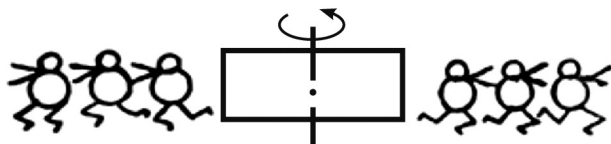
Розглянемо ще одну проблему, вихід із якої знайшли за допомогою «маленьких чоловічків», де можливості цього методу виявлені особливо яскраво. Названа вона за іменем автора, що вперше її поставив і розв'язав.

ПРОБЛЕМА 2. ЦЕНТРИФУГА ПОДОЙНІЦИНА²⁶

Під час виготовлення однієї деталі складної форми треба було затиснути її рідиною з усіх боків у стані обертання. Водночас було висунуто важливу умову: тиск на деталь мусить бути прямо пропорційно пов'язаний із кількістю обертів. Узагалі, як у центрифугі, тільки навпаки. На думку технологів, у такий спосіб можна було досягнути найкращих властивостей поверхні.

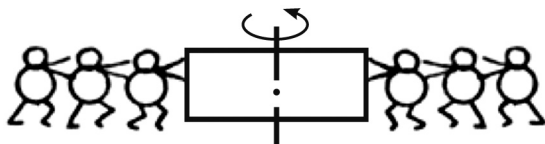
Серйозні фахівці відмовилися від завдання: хто ж матиме справу з дурничками, що очевидно суперечать законам природи! А Г. Х. Подойніцин, добре знайомий із «маленькими чоловічками», запросив їх до співавторства.

— *Зараз ви працюєте так* (малюнок 11.3), — сказав винахідник.



Малюнок 11.3

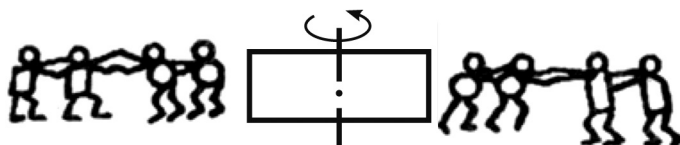
— *А я хочу, щоб ви працювали ось так* (малюнок 11.4).



Малюнок 11.4

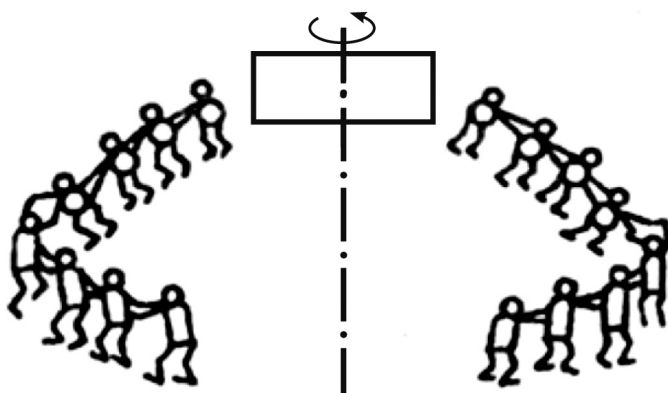
²⁶ Г. Х. Подойніцин — автор десятків винаходів, багато з яких як навчальні завдання розглядають у книжках із ТРВЗ. Завдання про центрифугу — одне з найвідоміших.

— Щоб ми так працювали, — подивившись на завдання, відповіли МЧ, — потрібно, аби хтось штовхав нас до деталі, не зважаючи на те, що ми прагнемо від неї відійти. Для цього знадобиться ще одна група «чоловічків». Стінка на стінку (малюнок 11.5).



Малюнок 11.5

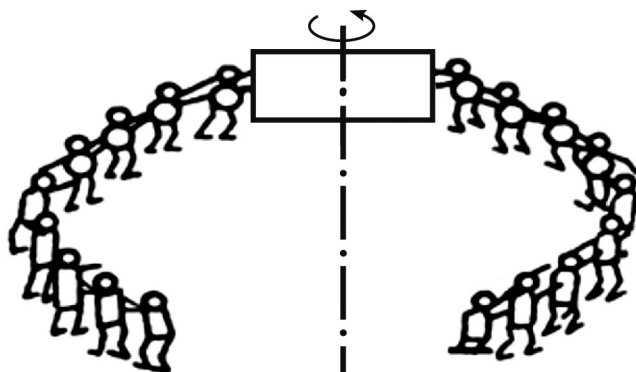
Адже відійти ми хочемо під дією відцентрової сили, щойно деталь починає обертатися. І що швидше вона обертається, то сильніше нас від неї відкидає. Отже, їхня сила теж має зростати зі збільшенням швидкості обертання деталі, але швидше, ніж наша сила (малюнок 11.6).



Малюнок 11.6

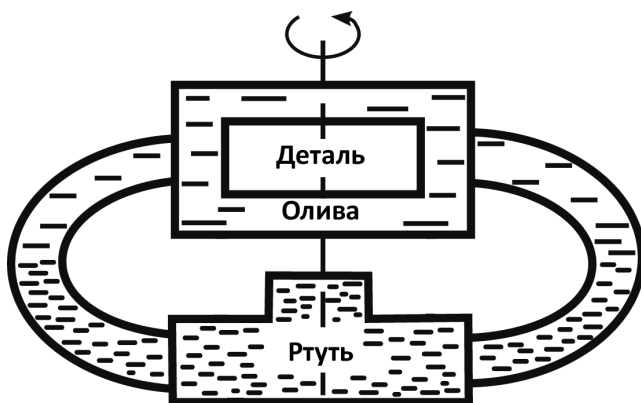
Під час обертання більша сила в того, хто тяжчий. Отже, нові «чоловічки» повинні бути тяжчими від нас (малюнок 11.7. стор 238).

А щоб ми в сутичці не змішувалися, нас слід відразу ж поділити!



Малюнок 11.7

Так з'явився розв'язок, що суперечить, на перший погляд, усім законам фізики. До центрифуги заливають дві різні рідини — оливу й ртуть. Під час обертання центрифуги тиск ртуті всередину, на оливу й через неї — на деталь, є більшим, ніж тиск оливи на ртуть, і цей тиск на деталь пропорційний кількості обертів центрифуги (малюнок 11.8).



Малюнок 11.8. Центрифуга

Абревіатуру «ММЧ» учні одеської школи № 36 (зараз — Рішельєвський науковий ліцей) якось розшифрували як «моделю-

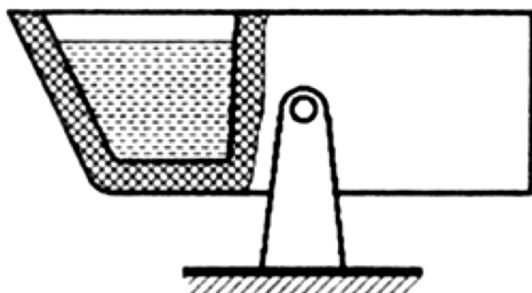
вання мислячими чоловічками». Щоб керувати «чоловічками», що мислять, потрібно справді не боятися сміливих ідей, а також мати багату уяву. Й результати тоді можуть бути найнесподіванішими...

Один з авторів цього посібника запропонував своїм учням (9-й клас) класичне завдання про дозатор рідини, що описане в книжці Г. Альтова (літературний псевдонім Г. С. Альтшуллера) для школярів «І тут з'явився винахідник» (Альтов, 1989). Представимо його тут.

ПРОБЛЕМА 3. ПРИМХЛИВА ГОЙДАЛКА

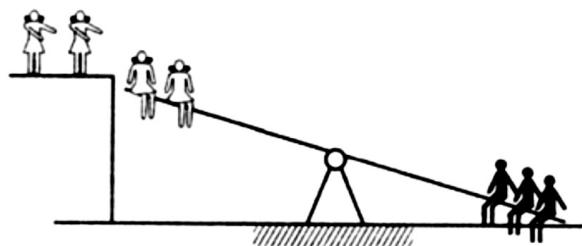
Дозатор рідини зроблено у вигляді гойдалки (малюнок 11.9). У лівій частині дозатора — посудина для рідини. Коли посудина наповнена, дозатор нахиляється ліворуч, і рідина виливається. Водночас ліва частина стає легшою, дозатор повертається у вихідне положення. На жаль, дозатор працює неточно: виливається не вся рідина. Щойно частина рідини виліється, звільнена посудина піднімається — виходить «недоливання». Зробити посудину більшою й змиритися з тим, що в ній залишається частина рідини? Проте гойдалка примхлива: «недоливання» залежить від багатьох чинників (в'язкість рідини, тертя в опорах дозатора тощо). Варто усунути «недоливання» якимось інакше.

Скористаємося методом ММЧ. На гойдалці «дівчатка» (рідина) й «хлопчики» (противага в правій частині дозатора).



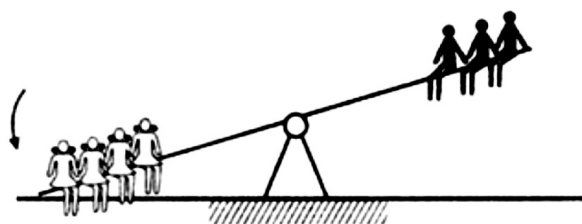
Малюнок 11.9

Ось прийнято вантаж (малюнок 11.10),



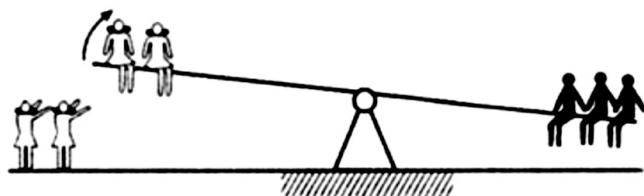
Малюнок 11.10

і ліва частина гойдалки опустилася (малюнок 11.11).



Малюнок 11.11

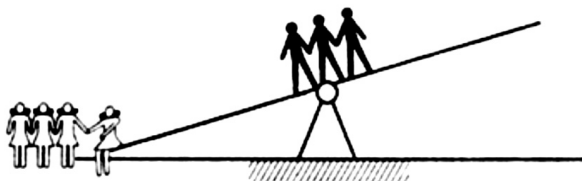
Проте щойно одна-дві «дівчинки» зістрибнули, ліва частина гойдалки піднімається вгору (малюнок 11.12).



Малюнок 11.12

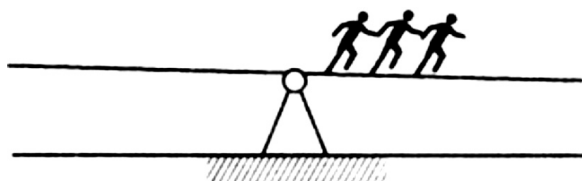
Як зробити так, щоб усі «дівчатка» встигали спокійно зістрибнути з гойдалки? Відповідь очевидна: поки «дівчатка»

зістрибуватимуть, «хлопчики» мають підсунутися до середини гойдалки (малюнок 11.13),



Малюнок 11.13

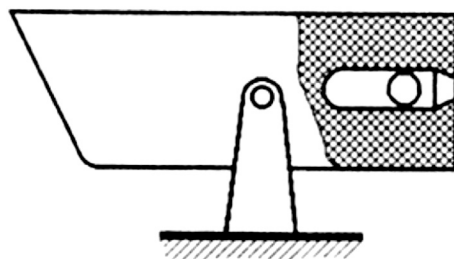
а потім повернутися у вихідне положення (малюнок 11.14).



Малюнок 11.14

Інакше кажучи, частина противаги повинна бути виконана у вигляді рухомого тягарця, щоб змінювалося положення центру ваги противаги.

Тепер від моделі перейдемо до реальної конструкції. Тягарець у правій частині дозатора має легко пересуватися туди-сюди. Зрозуміло, що найкраще зробити тягарець у вигляді кульки (малюнок 11.15).

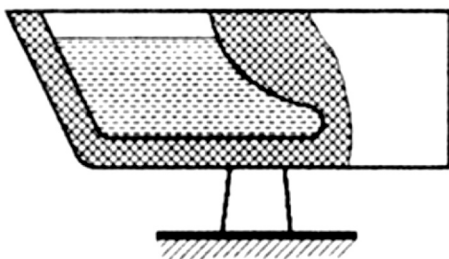


Малюнок 11.15

Завдання розв'язане. Ми знайшли відповідь, використавши метод ММЧ. Нескладно помітити, що водночас виявлено й усунуто фізичну суперечність (момент сили, що діє на праву частину дозатора, — протипага — має бути малим під час зливання, щоб уся рідина зливалася, і момент сили має бути великим під час заливання металом, щоб посудина цілком наповнювалася рідиною). Можна зазначити й інше: дозатор, що не мав рухомих частин, тепер став «динамічним», тобто технічна система перейшла до третього етапу розвитку. Відповідно, усе відбувається, як належить, розв'язок знайдено добрий.

— *Розв'язок справді добрий, — повільно і якось нерішуче сказав С. Швенк. Він узагалі рідко щось говорив. — А якщо «хлопчики» виявляться ліниві й не захочуть бігати туди-сюди? Нехай «дівчатка» самі, — він підкреслив це слово, — пересуваються в посудині й у такий спосіб змінюють момент сили. Для цього потрібно лише змінити форму посудини.*

Він підійшов до дошки й упевнено намалював одну криву лінію (малюнок 11.16).

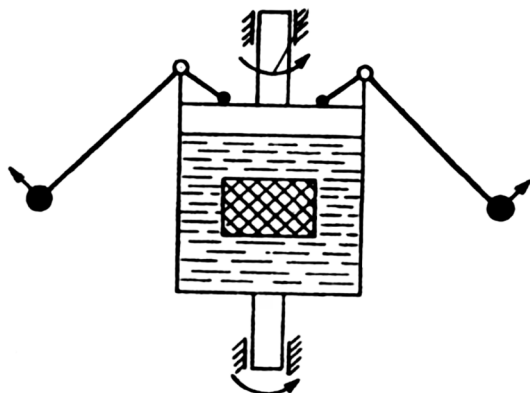


Малюнок 11.16

— *Правильно?*

— *Абсолютно! Звичайно, переробляти ківш під таку форму посудини значно складніше, ніж установити рухомий тягарець. Проте теоретично розв'язок абсолютно правильний! Можна використати під час виготовлення новий ківш!*

І ще один зразок творчості. Під час пошуку розв'язку проблеми Г. Х. Подойніцина в ліцеї № 208 м. Києва хтось із десятикласників на питання викладача «Чим узагалі створюють тиск?» відповів: «Поршнем!». «Поршнем?!» — перепитав викладач. Залишалося поставити декілька навідних питань, і з'явився новий розв'язок — без ртуті й посудини складної форми (малюнок 11.17).



Малюнок 11.17

У курсі ТРВЗ тема «Метод ММЧ» — це декілька годин занять, пошук розв'язків 10–15 проблем. Пропонуємо вам ще декілька — для самостійної роботи.

ПРОБЛЕМА 4. ПРО ВИЇДЕНЕ ЯЙЦЕ

Якби йшлося про одне яйце, можна було б, як то кажуть, цілковито погодитися з вашою посмішкою. Проте на великих комбінатах громадського харчування круто варять тисячі яєць, очищати їх від шкаралупи доводиться руками, й ця робота забирає дуже багато часу.

Спробуйте розв'язати це завдання з колегами спочатку методом мозкового штурму або синектики. І запишіть усі ідеї, які вони запропонують. Навіть не сумнівайтесь, що хтось порадить

вивести породу курей, що несе яйця без шкаралупи. А потім продемонструйте їм, як витончено працює АРПС, і шкаралупа сама відлітає від поверхні яйця. Не забудьте лише нагадати колегам, що яйця варять в автоклавах — великих каструлях, що закриваються герметично й у яких можна регулювати тиск. А також згадайте один із розділів фізики...

ПРОБЛЕМА 5. ПРО РИНВУ

Це зразок завдання, що голосно про себе кричить, а ми його не чуємо й проходимо повз. Виникає воно передусім навесні, коли вдень під сонячним промінням сніг на дахах починає танути й вода стікає по ринвах. Проте до вечора холоднішає, вода в трубах замерзає, утворюються льодяні кірки. Тримаяться вони завдяки зчепленню льоду зі стінками труби. Наступного дня сонце знову гріє, й металева труба швидко нагрівається. Шар льоду, що прилягає до поверхні ринви й тримає кірку, тане, кірка відривається від стінок труби, з гуркотом летить донизу й дорогою ламає всі вигини ринви. Відомі випадки, коли постраждали перехожі. Що вдіяти?

Поговоріть із «маленькими чоловічками». Тільки спокійно та з повагою. І з тими, що будуть падати замість льоду, і з тими, що їх триматимуть. Вони допоможуть вам зберегти ринви, не перебудовуючи всієї конструкції.

ПРОБЛЕМА 6. ПРО ГЕРМЕТИЗАЦІЮ КАБІНИ СТРАТОСТАТА

Це одна з багатьох блискучих знахідок видатного французького винахідника О. Піккара. Суть проблеми ось у чому. Для регулювання підйомної сили стратостата потрібно, сидячи в кабіні (гондолі), відкривати й закривати хлипак на кулі. Радіотехніка на той час була погано розвинута, систем дистанційного управління не існувало, й для керування хлипаком використовували звичайний сталевий тросик, який мав вільно проходити крізь кришку

гондоли. Інакше кажучи, у кришці мусить бути отвір. Проте гондола має бути герметично закрита, тому що на великій висоті з неї вийде все повітря, й пілот — стратонавт — задихнеться. Що вдіяти?

Це завдання — яскравий приклад того, як від якоїсь, здавалося б, дрібнички залежить успіх величезного проєкту. Порадьтеся з «маленькими чоловічками». Поясніть їм, які властивості вони повинні мати, щоб розв'язати чітко поставлену фізичну суперечність: кабіна мусить бути герметичною — і мусить мати отвір. Як їм розташуватися?..

Перш ніж шукати розв'язок запропонованих проблем, згадайте уроки цього розділу:

1. В одній умові може бути заховано декілька завдань. Їх варто поділити й розв'язувати по одному по чергово.

2. У розв'язку одного завдання часто криється умова іншого, як правило, окремого, але необов'язково легшого. Інколи окремі завдання через обмеженість умов вимагають більше зусиль, ніж загальні.

3. Якщо ви запросили до співпраці «маленьких чоловічків», гарно подумайте, що вони повинні зробити. І не полінуйтеся намалювати зайвий малюнок: це ще дві-три хвилини, а чіткості вони можуть додати на цілий день.

Успіхів!

Розділ 12

ЗАКОНИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ: УЧИМОСЯ ПРОГНОЗУВАТИ

На основі аналізу пошуку розв'язків проблем,
докладно описаних і розібраних у попередніх розділах,
систематизації етапів їх розв'язання та результатів
формується структура й зміст

усієї системи законів розвитку технічних систем.

Знання цих законів і розуміння їх об'єктивності дає змогу
усвідомлено розв'язувати найрізноманітніші проблемні ситуації.

*Незнання законів не звільняє
від юридичної відповідальності.*

Конституція України

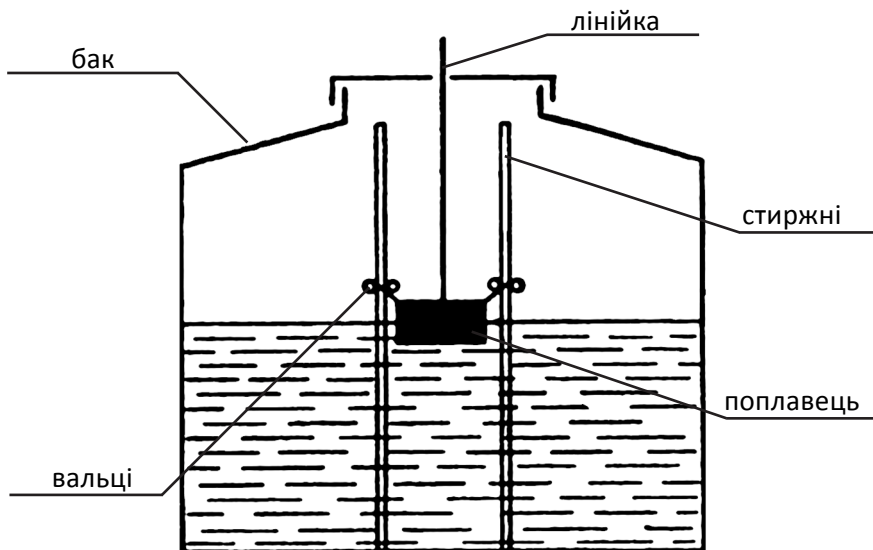
Знову закони! Скільки їх уже було! Сума кутів трикутника дорівнює 180° , дія дорівнює протидії, кут падіння дорівнює кутів відображення... Тепер ці — закони розвитку технічних систем. Навіщо нам їх знати?

Навіщо? Спробуємо обґрунтувати.

Для визначення рівня негорючої рідини у великих посудинах у них через верхній люк опускали поплавець. До нього прив'язували стрічку-рулетку. Проте поплавець відпливав убік, результат вимірювання спотворювався.

Тоді до дна посудини вертикально прикріпили два металеві стрижні, їхні верхні кінці виходили в люк. Поплавець за допомогою роликів втулок «одягли» на стрижні, й тепер він легко ковзав угору-вниз, точно показуючи рівень рідини. Однак, коли похолоднішало, на металевих стрижнях від вологості повітря почала намерзати плівка льоду. Поплавець застряг.

Щоб відігріти металеві стрижні, через них пропустили струм низької напруги. Лід розтанув, і поплавець знову ковзав угору-вниз, переміщуючи стрічку-рулетку (малюнок 12.1).



Малюнок 12.1. Визначення рівня рідини у великих посудинах

— А чому Ви не... — запитав один з авторів книжки винахідника останньої конструкції й пояснив ідею: — Адже за законами розвитку технічних систем це цілком очевидний наступний крок.

— Якось не подумав, — відповів він. — А ТРВЗ я не вивчав.

— І ще питання: рідини електропровідні?

— Здебільшого так...

— Тоді, можливо...

— *Цілком може бути...* — задумливо сказав він. — *Цілком може бути...*

Про можливість прогнозувати розвиток технічних систем на базі законів їхнього розвитку (ЗРТС) ми вже говорили. Тому зробіть наступний крок, а точніше два, для вдосконалення поплавцевих вимірювачів рівня рідини. До речі, вони ще не заявлені як винаходи. Хоча ймовірно, що ви запропонуєте ще кращі варіанти.

Не переконали? Тоді ще приклад. Автомобіль — це транспортний засіб, і з моменту появи його вдосконалення визначалося однією метою: мені, його власникові, необхідно швидше потрапити з пункту А до пункту Б. Так було сформовано ідею легкового автомобіля. Інші цілі з'явилися пізніше й привели до створення вантажівок, автобусів і цілої низки спеціальних транспортних засобів.

У середині 1970-х років промисловість із випуску легкових автомобілів більшості розвинених країн зайшла в глухий кут. І причина полягала не лише в нафтовій кризі.

На початку «автомобілізму» відбувалася скажена гонитва за швидкістю²⁷, нічого не змінилося в цьому аспекті й нині: уже створено спортивні автомобілі, швидкість яких наближена до звукового бар'єра. Одночасно виникла й проблема стійкості на дорозі, особливо під час поворотів. Машина ставала нижчою, довшою, ширшою. Тяжчою стала опорна частина — рама, основа кузова. Щоб швидше рушати з місця й розганятися, потрібен був потужніший двигун, тож посилюється ходова частина: коробка передач, карданна передача, тягові колеса. Зростають вимоги до надійності гальм — і механічний привід замінюють гідравлічним, а потім — пневматичним. З'являється компресор, а разом із

²⁷ Якби на Землі було мало заліза, розвиток «автомобілізму» міг би піти в напрямі, наприклад, зниження ваги. У такому разі зростання потужності й швидкості було б бажаним, але другорядним чинником.

ним — ціла пневмосистема... Покращується підвіска: ресори, амортизатори, стабілізатори рівня. Для убезпечення пасажирів під час зіткнення кузов роблять із металу більшої товщини. Знову зростає вага, габарити... І все заради того, щоб перевезти одну, дві, максимум вісім осіб. Автомобіль став самоцілью.

Неправильно обраним виявився власне курс на створення «домашніх броненосців». Великі довжина (5–6 м) й ширина (1,5–2 м) утруднювали маневровість автомобіля в щільному потоці вуличного руху, можливість легко й швидко «припаркуватися». Велика вага (2–3 т) потребувала потужних двигунів. А 300–350 к.с. споживають багато пального, відповідно, дорого коштують і до того ж сильно забруднюють атмосферу. Така плата за помилки у виборі напряму розвитку технічної системи.

«Приклади гарні, — скажуть наполегливі читачі, — але й поплавець, й автомобіль — об'єкти технічні, від повсякдення далекі».

Гаразд, візьмемо об'єкт із буденного життя, наприклад, стіл. Цей предмет меблів у вигляді широкої горизонтальної пластини на ніжках виник для того, щоб за його допомогою великій кількості людей було зручно вживати їжу, особливо за великої різноманітності страв. (Пізніше з'явилося багато інших столів: письмовий, кухонний, операційний тощо. Ми обмежимося лише функцією обіднього стола.) Для цього стіл має бути великий. Проте великий стіл потрібен рідко, а решту часу він займає багато місця. Тож столи стають розсувними, складаними (наприклад, стіл-книжка), такими, що розбираються. Аналогічні етапи пройшли й інші побутові предмети: диван-ліжко, крісло-ліжко, швейні машини, кухонні комбайни, складані ножі... І кожна зміна була пов'язана з новою потребою й необхідністю долати чергову суперечність.

«Та все ж ці побутові об'єкти, — зауважать уже найдопитливіші читачі, — хоча ми ними й користуємося щоденно в побуті, теж наче є об'єктами техніки. Як знання законів зміни цих об'єктів

допоможе нам мислити творчо й знаходити оптимальні розв'язки проблемних ситуацій, що постійно виникають, скажімо, у спілкуванні з іншими людьми?».

Питання закономірне. І відповіді на нього можна ось як.

По-перше, будь-яке спілкування з кимось відбувається з якоюсь метою. Тому виникає система «Я — Він/Вона/Вони», що призначена для виконання певної функції. І закономірності взаємин між елементами кожної системи різні.

Найпростіший поділ — на формальний і неформальний колективи (незалежно від кількості членів). У формальних колективах ви перебуваєте на роботі або на навчанні, у купе поїзда або в салоні літака, тобто там, де ви змушені через певні обставини певний період співіснувати з якоюсь групою людей. Тут свої закони поведінки.

Неформальні колективи ви обираєте самі — від друга або подруги, з ким можна піти в кіно чи на дискотеку, до супутника життя, клубу й політичної партії, куди можете вступати чи не вступати.

До речі, непоганий приклад. Розглянемо політичну партію як систему.

Основна функція (ОФ), заради якої створюють будь-яку партію, — це захоплення влади. Щоб реалізувати ОФ, система, як ми вже зазначали, має бути автономною, тобто охоплювати чотири мінімально працездатні елементи: робочий орган, трансмісію, джерело енергії (двигун) та орган управління.

Як робочий орган, що реалізує ОФ, можуть бути лише члени партії або її прихильники: вони забезпечують перемогу на виборах. Джерело енергії — це ідея, що всіх об'єднує. Щоб передати цю ідею пересічним членам, потрібен лідер (трансмісія). А орган управління — це статут партії, що регламентує норми поведінки її членів. І якщо робочий орган не функціонує, якийсь із решти елементів (а може, й усі три!), очевидно, з мухами...

Закони розвитку систем об'єктивні й поширюються на всі їхні види. Просто під час аналізу систем, де одним з елементів є людина, виникає досить багато суб'єктивних чинників, що пов'язані з особливостями її особистості. Урахування й використання цих чинників — завдання різних розділів психології. *Завдання ж цього посібника значно вужче — показати лише об'єктивні закони, що пов'язані зі створенням, функціонуванням і розвитком систем.* Тому — і це другий аргумент, про який ми згадували на початку книжки, — аналіз слід провадити на матеріалі, де дія суб'єктивних чинників не поширюється. А якщо такий чинник утручається, до того ж з особистою й корисливою метою, система найчастіше заходить у глухий кут.

Тому закони необхідно знати. Зрештою, для того щоб, як ідеться в постулаті ТРВЗ, «використовувати їх для свідомого розвитку систем». Розглянемо ще кілька прикладів.

Віщий Боян у «Слові про Ігорів похід» розповів нам про події XII століття. Літописець Нестор — про князівські походи. Свій літопис мають і технічні системи. Пишуть його самі винахідники, і він має назву «Патентний фонд» Уявіть собі: більше сорока мільйонів документів із різних країн світу досить ретельно фіксують зміни кожного об'єкта: було — стало. Аналізуючи патентний фонд, простежуючи шлях зміни систем, дослідники й виявили деякі об'єктивні закономірності. Про першу з них — прагнення систем до ідеальності — ми вже говорили.

А як, до речі, довести, що нова система ідеальніша, ніж стара? І як відбувається підвищення ідеальності технічних систем?

Серійна «Нива» мала вагу 1 150 кг і двигун потужністю приблизно 70 к. с. Для трансконтинентального міжнародного марафону «Ниву» модернізували: вагу знизили до 700 кг і встановили форсований двигун, що розвивав потужність до 200 к. с.

Цифри абсолютного вимірювання зазвичай говорять мало: було — стало. Значно більше розкажуть відносні показники.

Раніше «кожна кінська» сила везла $1\ 150\text{ кг} : 70\text{ к.с.} = 13,5\text{ кг/к.с.}$. Тепер кожен «кінь» везе лише $700\text{ кг} : 200\text{ к.с.} = 3,5\text{ кг/к.с.}$ Майже в чотири рази менше!

Зростання відносних параметрів — один із найважливіших показників розвитку технічної системи. Показники можуть бути найрізноманітніші: витрати пального на 100 км пробігу автомобіля, час розгону до певної швидкості, споживання електроенергії телевизором, габарит приладу за тієї самої точності роботи тощо. *Досягають цього зростання (за незмінного принципу дії), як правило, завдяки універсалізації систем або, навпаки, їх спеціалізації.*

Щоб прискорити обробку складних деталей, створено верстати типу «центр обробки» з числовим програмним управлінням (ЧПУ) та автоматичною заміною інструмента. Робочий стіл такого верстата, на який встановлено деталь, повертаючись навколо вертикальної й горизонтальної осей, із високою точністю (до мікрометра) підставить під інструмент потрібну поверхню. З одного встановлення деталь фрезерують, проточують, просвердлюють, нарізають різьбу, знімають гострі кути...

Інженер з Алмати (Казахстан) С. Кишкашев запропонував агрегат для обробки ґрунту (а. с. 1187736), що одночасно виконує шість операцій: оре, поливає, угноє, засіває, боронує, второвує землю. Мовою TRB3 — полісистема об'єднала кілька моносистем, кожна з яких виконувала окрему функцію.

Що далі? Далі машини, що працюють за програмою без участі людини. Виїжджає такий агрегат на поле, оглядає його, чеше правим культиватором за лівим локатором («Знову психологічна інерція спрацювала!» — зітхає контрольний диспетчер) і починає «орати» замість нас із вами.

Прикладів спеціалізації навколо нас теж доволі багато: від кавового сервізу до супутників зв'язку. Спеціалізовані системи (ніж

лише для чищення картоплі, автомобілі для перевезення хліба, літаки для гасіння пожеж) дають можливість різко підвищити продуктивність праці завдяки надшвидкому виконанню певної функції.

Одна з найскладніших проблем нашого часу — сміття, особливо у великих містах. Раніше відходи (як, зрештою, інколи й зараз) звалювали в під'їздах будинків, і робітники лопатами закидали їх у кузов самоскида. Потім з'явилися великі відра, ще пізніше — спеціальні автомобілі, де сміття засипають у задню частину й пресом подають в основний бункер. Проте все ширше застосування має контейнерний спосіб, і автомобілі обладнують спеціальними гідропідйомниками. Ручна праця зникає...

Закон збільшення рівня ідеальності технічної системи під час розв'язування винахідницьких завдань дозволяє зробити перший стрибок через область «порожніх» спроб — сформулювати ідеальний кінцевий результат (ІКР). Звичайно, отримати ІКР здебільшого не вдається. Але саме визначення ІКР дає змогу, як на вістрі голки, сконцентрувати зусилля й звужити зону пошуку.

Попри загальні закони, що визначають ідеологію ТРВЗ, генетичний аналіз систем, проведений за патентним фондом, уможливив виявлення ще низки закономірностей, пов'язаних зі створенням (синтезом) систем і їхнім розвитком. Більшість цих закономірностей ви вже могли простежити під час розв'язування попередніх завдань.

Розглянемо ще кілька прикладів типових винаходів і зробимо наступні висновки.

Донедавна мультфільми малювали: на 1 м плівки можна було зобразити 52 малюнки-кадри. Десятихвилинний фільм — це 300 м плівки і... 15 тисяч малюнків!!!

Є межа швидкості малювання. Немає межі творчості. Ось Вінні-Пух іде по дорозі. Його тіло трохи змінює положення, швид-

ко рухаються ноги. Поділимо малюнок на частини: дорога в лісі, тіло Вінні-Пуха, його ноги. Кожну частину розмістимо на окремій прозорій плівці, а затим складемо їх у «пакет»: ноги, тіло, природа. Тепер можна «рухати» кожен аркуш окремо, перемішувати їх.

І все-таки художників це не задовольняло: щоразу малювати навіть частину об'єкта, де змінюється ще менша частина, досить важко. Тому з'явився спосіб відтворення силуету для знімання мультиплікаційних фільмів, який відрізняється тим, що з метою зниження трудомісткості процесу контур об'єкта утворюють через накладання на магнітну панель наповненого феромагнітним порошком шнура, а зміну силуету під час пересування об'єкта відносно точки погляду отримують завдяки пересуванню шнура по панелі (а. с. 234862).

Чудовий винахід, чи не так? Нитка, просочена залізним порошком, — вічний олівець. Поклали на панель — от і малюнок. Закінчили знімати, змотали на котушку — й малюнка немає. А скільки паперу зекономлено!

Отже, був спосіб зображення за допомогою олівця — став за допомогою магнітного шнура. Не просто став, а з певною метою, яку обов'язково вказують у кожній формулі на винахід. З'явився навіть коефіцієнт щільності мети. Його визначають відношенням кількості винаходів, спрямованих на досягнення зазначеної мети, до загальної кількості винаходів, що вдосконалюють цю технічну систему. За таким коефіцієнтом легко аналізувати напрям розвитку системи.

Так, 1970 року було видано а. с. 445611 на контейнер для транспортування крихких виробів (до прикладу, дренажних труб): у контейнері є надувна оболонка, що притискає вироби й не дає їм розбитися під час транспортування. Ще раніше, у листопаді 1967 року, було видано а. с. 349583, де надувний елемент працював у захваті підйомного крана, а також а. с. 409875, де він притискав крихкі вироби в приладі для розпилювання. У січні 1972 року

видано а. с. 534351, де для підсилення й регулювання притиску всередину мішка вводять феромагнітний порошок і діють на нього магнітним полем. Майже п'ять років — така плата за незнання закону про те, що розвиток технічних систем відбувається в напрямі збільшення ступеня їх керованості.

Ще один приклад того, як винаходи, що мають відбуватися один за одним, віддалені роками (добре, що хоч не десятиліттями!). Якось було запропоновано гідроспосіб видобування вугілля: у пласті бурять свердловини, заповнюють їх водою й передають через неї імпульси тиску — унаслідок цього пласт руйнується. І лише через сім (!) років з'явилося а. с. 3177897, де імпульси тиску запропоновано встановити такими, що дорівнюють власній частоті коливань вугільного пласту, тобто, простіше кажучи, використовувати явище резонансу. Продуктивність різко зростає. У першому винаході знехтувано законом узгодження ритміки окремих частин системи. Скільки вугілля не видобули за ці сім років? Скільки витрачено зайвої енергії й праці?!

Ще прикладів? Будь ласка. До 1950-х років нафтові свердловини бурили лише вертикально. Це означає, що для кожної свердловини варто було ставити окрему вежу. Добре було б з однієї вежі бурити кілька свердловин. Але тоді слід бурити під кутом, а конструкція бура — довгий жорсткий циліндр — це унеможлиблювала. «Зробимо бур, як трамвай, — із двох вагонів!» — здогадався винахідник (а. с. 152842, березень 1963 року). Бур поділили на дві частини, а для того, щоб реактивна головка могла бурити похилі ділянки свердловини, шарнірно з'єднали її з контуром. Уже у вересні 1967 року з'явилося а. с. 247159 «Спосіб спрямованого буріння свердловин із застосуванням штучних відхилень», де з метою регулювання кута набору кривизни стрижня використовували поліметалевий відхилювач і в такий спосіб змінювали його температуру.

Перший винахід можна вважати зрозумілим: що коротші, наприклад, вагони трамвая, то крутіший кут, на який він може повернути. А от поліметалевий відхилювач...

Поставте на стіл два цвяхи однакової довжини: один — із цинку, другий — із вольфраму. Й нагрійте їх. Цвяхи подовжаться, але по-різному: додавання в довжині цинкового цвяха буде майже в сім разів більшим, ніж вольфрамового, через різницю коефіцієнтів лінійного розширення. Якщо на цих вістрях раніше пластина могла лежати горизонтально, то тепер вона лежатиме похило. Кут нахилу залежить від властивостей металів (коефіцієнт лінійного розширення) й температури. Приблизно так працює поліметалевий відхилювач.

Шарнір із газовою реактивною головою чи поліметалевий відхилювач? Друге рішення очевидно делікатніше. Перехід до динамічної системи в першому випадку відбувається на макрорівні (шарнір), у другому ж — на мікрорівні: стискається й розтягується кристалічна ґратка речовини.

Відкриття О. С. Поповим можливості передавати електромагнітні хвилі на відстань створили радіотехніку, радіолокацію, телебачення, радіоастрономію тощо, тобто принципово нові напрями науки й техніки. Для їх упровадження варто було розв'язати багато завдань, зокрема знайти способи збудження, керування й передачі електромагнітних коливань. До того ж зворотний процес — приймання сигналів, посилення, перетворення. Кожне з цих завдань складається з багатьох іще менших, детальніших.

Потреба збудження коливань зумовила створення генераторів радіочастот. Виникла проблема стабілізації частоти — підтримання її постійною за зміни різних параметрів (напруги, температури тощо). Удосконалюються котушки індуктивності й конденсатори, вводять ручне, потім автоматичне підлаштування, винаходять хитромудрі схеми ввімкнення. І все заради одного: пристрій

мусить якнайкраще виконувати свої функції! Прагнути до ідеалу. Спрацював він і в цьому разі: замість тяжких котушок індуктивності й громіздких конденсаторів використали кварцовий резонатор. Замість електромагнітних полів — п'єзоелектричний ефект.

Перемикаючи ручку радіоприймача в пошуку потрібної станції, ми змінювали площу інтерактивних пластин конденсатора змінної ємності. Водночас змінювалася частота, або довжина хвилі. Спосіб грубий, ненадійний: між пластинами накопичується пил, проскакують заряди, чути тріск. Витонченіше — міняти ємність напівпровідникового діода, варикапа, через зміну напруги на його електродах. Замість великих пластин і ручки з приводом — поверхня контакту двох напівпровідникових матеріалів і регулятор напруги, який можна легко вмонтувати в мікросхему. Відбувається перехід із макрорівня на мікрорівень. А потім замість аналогових систем з'явилися цифрові...

І це — ще одна виявлена закономірність розвитку технічних систем, що увійшла в останні модифікації АРВЗ-85 у вигляді кроку 3.4: формулювання фізичної суперечності на мікрорівні (μ-ФСп) (в АРПС це крок 6).

У цьому розділі ми зробимо основоположне узагальнення.

Коротко згадаємо, що вже було. Пошуки методів мислення, за допомогою яких можна було б генерувати нові ідеї, привели Г. С. Альтшуллера до патентного фонду — бібліотеки, де зібрано описи продуктів винахідницьких ідей. Аналіз патентного фонду показав, що розвиток кожної конкретної технічної системи відбувається не тому, що з'явився геніальний винахідник, який захотів її вдосконалити, а тому, що його ідея цілком відповідає об'єктивним законам, яким підкорюється розвиток усіх технічних (а як з'ясувалося пізніше — й усіх штучних) систем.

Так був сформульований найважливіший для всієї методології творчості **постулат ТРВЗ**: *технічні системи розвиваються за*

об'єктивно наявними законами; ці закони пізнавані, їх можна виявити й використати для свідомого розвитку технічних систем.

Також було визначено загальний напрям розвитку технічних систем — у бік підвищення рівня їхньої ідеальності з погляду людини, яка створювала та використовувала цю систему.

Зрозуміло, що зробити таку заяву — замало. Її потрібно підтвердити формулюваннями цих самих «об'єктивно наявних» законів.

Література з ТРВЗ класифікує закони розвитку технічних систем (ЗРТС) за трьома групами:

1. *Статика* — група законів, що визначають критерії життєздатності нових технічних систем. Відповідно до них сформульовано необхідні умови принципової життєздатності автономних систем (як технічних, так і біологічних):

- а) наявність і хоча б мінімальна працездатність її основних частин;
- б) наскрізне проходження енергії через систему до її робочого органа;
- в) узгодження власних частот коливань (або періодичності дії) всіх частин системи.

2. *Кінематика* — група законів, що характеризують розвиток систем (незалежно від конкретних технічних і фізичних механізмів цього розвитку):

- а) у напрямі збільшення ступеня ідеальності;
- б) у напрямі збільшення ступеня динамічності;
- в) нерівномірно — через виникнення й подолання технічних суперечностей;
- г) до певної межі, після якої система входить до надсистеми як одна з її частин; водночас розвиток на рівні системи різко сповільнюється або зовсім припиняється, замінюючись розвитком на рівні надсистеми.

3. *Динаміка* — група законів, що відображають тенденції розвитку сучасних систем:

а) розвиток технічних систем відбувається в напрямі збільшення ступеня керованості:

- збільшується кількість керованих зв'язків;
- мобілізуються матеріально-польові ресурси (МПР) завдяки повнішому використанню наявних і застосуванню «подарованих» матеріалів і полів;
- використання матеріалів і полів, що дають можливість без істотного ускладнення реалізувати нові фізичні ефекти, розширити функційні можливості системи й у такий спосіб підвищити ступінь її ідеальності;

б) розвиток сучасних технічних систем відбувається в напрямі збільшення ступеня подрібнення (дисперсності) робочих органів. Особливо типовий перехід від робочих органів на макрорівні до робочих органів на мікрорівні (Альтшуллер, 1979).

Досвід пошуку розв'язку технічних проблем і викладацька взаємодія авторів із висококваліфікованою аудиторією технічних спеціалістів (зокрема, зауваження слухачів) показали, що в класифікації змішані закони й способи їх реалізації: не можуть бути закони «взагалі» (кінематика) й закони «на зараз» (динаміка).

Була потрібна альтернативна «конституція». Її розробив М. Й. Меєрович у 1990–1991 роках на основі законів, запропонованих Г. С. Альтшуллером. Вона теж складається з трьох частин.

До першої частини — «Загальні закони» — увійшли ті принципи, що становлять ідеологію ТРВЗ, її сутність. До другої — закони синтезу системи, а до третьої — закони розвитку технічних систем.

Вийшла така структура:

1. Загальні закони

1.1. Розвиток будь-якої технічної системи відбувається в напрямі підвищення рівня її ідеальності.

Наслідок 1:

Технічна система ідеальна, якщо її немає, а функція системи виконувана.

Наслідок 2:

Підвищення рівня ідеальності системи відбувається завдяки ускладненню надсистем і/або збільшенню кількості допоміжних функцій.

1.2. Розвиток частин системи відбувається нерівномірно — через виникнення й подолання технічних суперечностей.

1.3. Вичерпавши можливості свого розвитку, технічна система або вироджується, або консервується на певному рівні, або ж її робочий орган уходить як підсистема до нової системи.

2. Закони синтезу системи

2.1. Автономна система має складатися з чотирьох мінімально працездатних частин: робочого органа, двигуна (джерела енергії), трансмісії й органа керування.

2.2. Зв'язки між частинами системи й власне її частини повинні забезпечувати вільний прохід енергії через усю систему.

2.3. Керування системою може здійснюватися впливом на будь-яку її частину.

3. Закони розвитку системи

Розвиток технічних систем відбувається завдяки:

- узгодженню ритміки частин технічної системи;
- динамізації робочого органа на макро- й мікрорівнях;
- підвищенню кількості керованих зв'язків;
- структуруванню;
- переходу до надсистеми;
- збільшенню кількості додаткових функцій;
- спеціалізації — універсалізації;
- об'єднанню альтернативних систем (Меєрович, Шрагіна, 2004).

Майже все, що ввійшло до цієї структури, ми вже розглядали на різних прикладах і в завданнях. Про перехід до надсистеми теж говорили багато.

Звичайно, тема не вичерпується лише викладеним тут, адже перехід до надсистеми — один з основних шляхів розвитку технічної системи. Варто зупинитися ще на одному, досить перспективному варіанті розвитку, який запропонували інженери В. М. Герасимов і С. С. Литвин.

Альтернатива — це протиставлення «або — або». Альтернативні технічні системи — це частина таких, що конкурують, — паралельних — систем, тобто таких, що виконують ту саму функцію, але різними способами. Наприклад, перевезення вантажів залізницею здійснюють потяги, тепловози й електровози.

І все ж надамо слово авторам: «Альтернативні технічні системи (АС) — це такі системи, що конкурують і мають принаймні одну пару протилежних переваг і недоліків, тобто те, що добре в одній із них, а в іншій погане, й навпаки. АС ніби доповнюють одна одну за якоюсь парою характеристик. Ідеться про характеристики, властивості технічної системи, на базі яких у ТРВЗ будують технічну суперечність: швидкість, стійкість, міцність, точність, складність, продуктивність, втрата речовини, енергії, інформації, часу тощо.

Найчастіше альтернативні системи доповнені парою характеристик, що стосуються двох різних груп: одна з АС краще виконує головну функцію, зате інша — простіша й дешевша» (Герасимов, Литвин, 1990, с. 12).

Із шести наведених у статті прикладів розглянемо один — велосипедне колесо. Класичне колесо зроблене на спицях, воно міцне й легке, проте дуже важке у виготовленні: ручне трудомістке збирання, складне обладнання для регулювання натягу спиць. Дискове колесо можна виготовити одним ударом

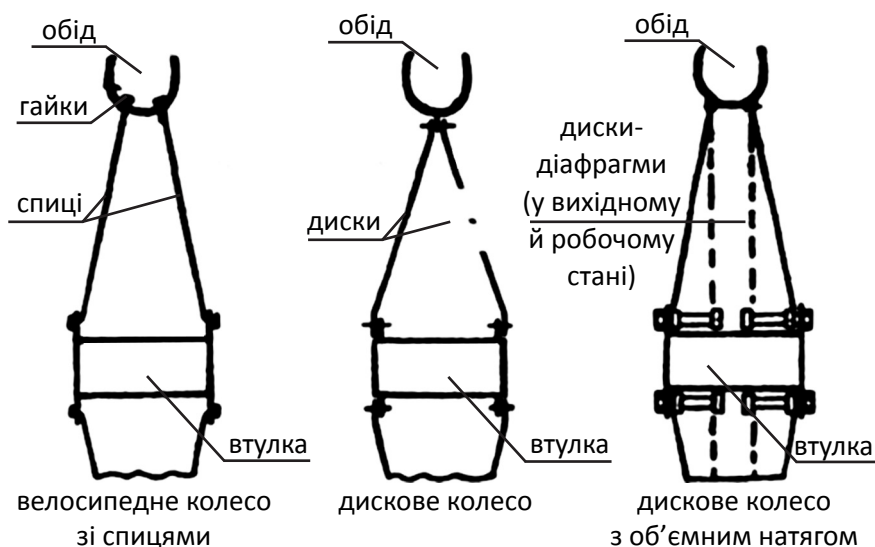
штампа, але якщо воно легке, як колесо зі спицями, то неміцне, а якщо міцне, то тяжке. Тому такі колеса — зі спицями й дискове — можна розглядати як альтернативні системи.

Під час об'єднання одну з систем обирають базовою — як правило, ту, що простіша, дешевша й технологічніша. І ставлять мету: об'єднавши переваги систем, усунути їхні недоліки. (У нашому прикладі дискове колесо, одержане штампуванням, має бути легким і міцним, як колесо зі спицями.) А зати́м за АРВЗ формулюють альтернативну технічну систему й ведуть пошук механізмів її розв'язання. Інколи для цього досить перенести властивість альтернативної технічної системи на базову...

Як «працює» колесо зі спицями? Під час збирання спиці попередньо натягують так сильно, щоб вони завжди намагалися працювати на розтяг, відштовхуючи обід зі втулкою, тому диск має бути товстий і міцний. Властивість спиць — працювати на розтяг — перенесли на дискове колесо. Унаслідок цього вийшла конструкція: тонкі диски-діафрагми під час кріплення до втулок натягують, як спиці, за допомогою регульовальних гвинтів (малюнок 12.2 стор.261). Вага — легша, міцність — вища. Що й було потрібно...

Коли перенесення властивості замало, шукають ресурси об'єднуваних систем. Зазвичай вони є, це підтверджує й діапазон прикладів у статті: бульдозерний ніж до трактора для підбирання торфу, побутова м'ясорубка, втулка, магнітопроводи трансформаторів... Ресурси є, але, як правило, за законами психологічної інерції їх шукають лише у «своїй» системі: «Під час розв'язування проблем “своїх” ТС (*технічної системи*. — Авт.) нікому не спадає на думку (на жаль, АРВЗ теж) “навертати” на неї ще й суперечності іншої системи. А це саме той випадок ТРВЗ-логіки, коли вдаване ускладнення ситуації полегшує її розв'язок» (Герасимов, Литвин, 1990, с. 12).

Згадана стаття, до речі, — ще один приклад стрімкого й ефективного розвитку ТРВЗ як науки: однозначна термінологія,



Малюнок 12.2. Удосконалення велосипедного колеса

чітка логіка побудови алгоритму, гарні розв'язки реальних різнопланових завдань. І формулювання нового закону: «Розвиток технічних систем відбувається в напрямі їх об'єднання одна з одною з метою взаємного використання ресурсів для подальшого вдосконалення на рівні надсистеми».

Вам нічого не видається дивним? Є одне маленьке «але», проте це «але» не технічне, а суто методичне: чи є нове колесо надсистемою щодо попередніх коліс? Навряд чи... Найімовірніше, це просто вдосконалене колесо, у якому об'єднано альтернативні властивості²⁸...

Щоб закінчити розділ про закони, наведемо один уривок із книжки Г. С. Альтшуллера «Знайти ідею». Цей уривок можна умовно назвати «Балада про цеглину й закони»:

А взагалі-то мені хотілося написати книжку про цеглину, тобто про ТРВЗ на прикладі можливого розвитку звичайної

²⁸ В. М. Герасимов і С. С. Литвин погодилися з цією думкою й у такому формулюванні: «Розвиток технічних систем через об'єднання їхніх альтернативних властивостей»

цеглини. Усі закони розвитку технічних систем застосовні до цеглини. Скажімо, перехід до бісистеми: цеглина зі здвоєної речовини. З погляду ТРВЗ тут, очевидно, різна технічна суперечність: потрібно ввести іншу речовину (закон є закон!) і не можна вводити іншої речовини (система ускладниться). Вихід — використати речовину «з нічого», порожнечу, повітря. Цеглина з внутрішніми порожнинами: вага зменшилася, теплоізоляційні якості підвищилися. Що далі? Збільшення ступеня дисперсності порожнин: від порожнин до пор і капілярів. Це вже майже механізм. Пористу цеглу, просочену азотистим матеріалом (за а. с. 283264), вводять до розтопу чавуну, цегла повільно нагрівається, відбувається дозоване подавання газоподібного азоту. Або: пориста цеглина пропускає газ, але затримує відкрите полум'я (а. с. 737706) й воду (а. с. 657822). І знову перехід до бісистеми: можна заповнити капіляри частково (знову ввести «порожнечу»), тоді з'явиться можливість «ганяти» рідину всередині цеглини (внутрішнє покриття теплових труб).

Далі слово «цеглина» варто було б узяти в лапки, тому що структура з капілярами, що містять рідину, може виявитися чим завгодно: наприклад, кулькою в підшипнику за а. с. 777273 («Підшипник кочення, що містить внутрішнє й зовнішнє кільця з розташованими між ними порожніми тілами кочення, частково заповненими теплоносієм, відрізняється тим, що з метою підвищення довговічності підшипника через забезпечення автоматичного балансування маси тіл кочення внутрішня поверхня кожного тіла має капілярно-пористу структуру»).

В а. с. 1051026 запропоновано цеглину з капілярами, заповненими магнітною рідиною: під дією магнітного поля рідина піднімається, створюючи розрідження у вакуумному захопленні. Така «цеглина» — майже машина... Узагалі, на рівні «цеглини із заповненими рідиною капілярами» можна зупинити-

ся надовго. Кількість винахідницьких можливостей тут дуже велика. Рідина здатна випаровуватися, створюючи потужний охолоджувальний ефект. Сепаруватися, фільтруватися, переміщуватися... Пори й капіляри можуть бути однакового розміру, а можуть змінювати діаметр, скажімо, за довжиною «цеглини» — й тягнути вздовж неї рідину в бік зменшення діаметра капілярів (а. с. 1082768)...

Проте пориста цеглина — це навіть ще не мікрорівень. Можна залучати групу молекул — магнітні домени. Молекули, атоми, електрони... Уявіть собі «цеглину» з нітинолу, здатну за зміни температури змінювати діаметр капілярів (і навіть напрям їх звуження!). Це вже не «майже машина» — це просто машина.

В «ідеальній цеглині» помітні три головні особливості:

1. Корисну роботу виконують усі рівні «цеглини» й речовини, з яких вона складається. «Цеглина» працює на рівні каменя, на рівні теплоізолювальних порожнин, на рівні пор і капілярів, на рівні кристалічної ґратки, на молекулярному рівні тощо.

2. Кількість рівнів порівняно невелика. Проте на кожному рівні можна залучати десятки, сотні ефектів і явищ. Зрештою, справді невичерпні ресурси підвищення ідеальності з'являються під час використання взаємодій між рівнями.

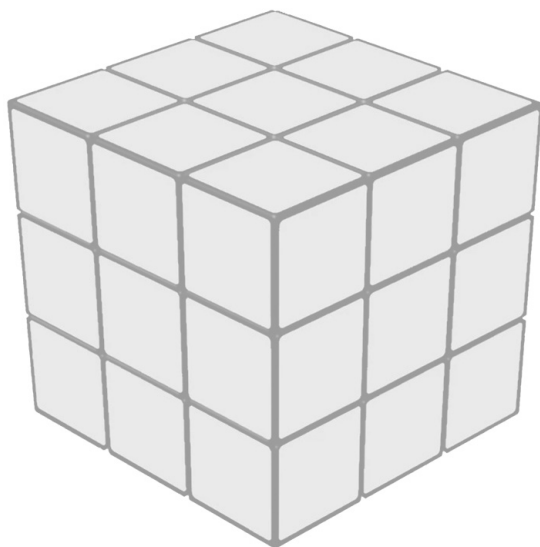
3. Ускладнюючись, «ідеальна цеглина» набуває властивостей і функцій механізмів та машин. Що складніша «ідеальна цеглина», то ширший набір керованих властивостей та універсальніші функції. Отже, хотілося б написати книжку про те, як цеглина стає «ідеальною цеглиною» (Альтшуллер, 1986b).

Частина III

ВІД

ТРВЗ —

ДО ТРШС



Розділ 13

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ В КОНТЕКСТІ ЗАКОНІВ РОЗВИТКУ ШТУЧНИХ СИСТЕМ

Соціально-економічні процеси, що відбуваються сьогодні, багатогранні, й розгляд окремих елементів поза зв'язком з іншими не дає можливості зрозуміти ні справжні причини проблем, що виникають під час цих процесів, ні способи й варіанти розв'язку цих проблем.

Для аналізу процесу глобалізації як штучної системи було виокремлено чотири взаємопов'язані елементи, серед яких: економіка як сфера діяльності щодо виробництва матеріальних, культурних і духовних цінностей для соціуму, система освіти, що готує кадри для економіки, соціальні інститути, що формують взаємини між членами соціуму, і держава як результат соціальних стосунків, що склалися.

Глобалізація як системний процес, що відбувається в соціумі й охоплює всі галузі його життєдіяльності, вимагає відповіді на питання «Чи закономірний він?». І якщо це «Так», то як виник, за якими законами перебігає, куди спрямований і до чого веде?

Виокремимо мінімальний комплекс взаємопов'язаних елементів, що визначають глобалізацію: економіка, система

освіти, держава як політична система та соціальні інститути, кожен із яких — теж складна система. Обґрунтуємо цей вибір.

До створення штучної системи «**Соціум**» людей привела потреба підвищити надійність виживання. Потреба стати незалежною від зовнішнього середовища й природна здатність психіки людини до творчої діяльності зумовила створення знарядь полювання та праці й у такий спосіб — формування штучної системи «**Економіка**» спочатку для виробництва продуктів харчування, інструментів і предметів побуту, а далі — нових джерел енергії, засобів пересування, зв'язку тощо. Щоб швидше розвиватися завдяки передаванню від покоління до покоління накопичуваного досвіду й не губити його — створення **системи освіти**. Потреба встановити й підтримувати певні взаємини між членами громади — появу норм доброчесності та **соціальних інститутів**. Потреба захищати себе й свою територію — виникнення штучної системи «**Держава**» (Меєрович, Шрагіна, 2011; Шрагіна, Меєрович, 2012; Шрагіна, Меєрович, 2015).

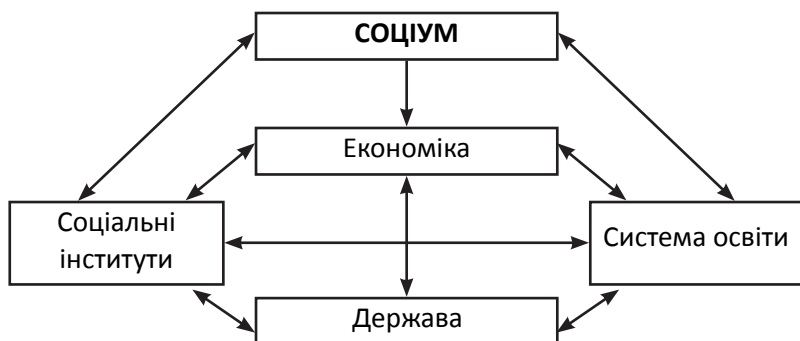


Схема 13.1. Соціум як штучна система

Для аналізу причин розвитку кожного елемента використаємо загальну схему розвитку штучної системи.

Етапи **економіки** класифікують за основним продуктом, виробництвом якого зайнята максимальна кількість населення.

Ці етапи змінюються від виробництва продуктів харчування (сільськогосподарський етап) до виробництва машин і механізмів (промисловий етап) та ідей і технологій (інформаційний етап), що демонструє очевидне **підвищення рівня ідеальності продукту, що виробляють, у напрямі його інтелектуалізації** й відповідає основному заповіді ТРВЗ.

Проте такий розвиток економіки може бути забезпечений тільки зростанням ролі знань і людського капіталу в процесі виробництва, що ланцюжком системних зв'язків «тягне» за собою зміну основної функції системи освіти (детальний аналіз цих змін здійснено в розділі 3).

А підвищення рівня інтелектуалізації великої кількості населення неминуче веде до потреби змінювати соціально-економічні відносини між членами громади вертикально й горизонтально та до появи нових соціальних інститутів, що забезпечують кожній особистості щоразу вищий рівень свободи й безпосередньої участі в управлінні життям соціуму.

Проаналізуємо **розвиток держави** як штучної системи. Свого часу її потреби в кращій реалізації своєї основної функції спричинилися до створення низки підсистем, що виконують допоміжні функції: релігії як ідеологічної основи суспільних стосунків та юриспруденції як механізму перетворення загальноприйнятих усередині соціуму норм поведінки й традицій на однозначні правила (закони). Для збереження ідеології й забезпечення дотримання законів створювали служби безпеки й поліцію. Для захисту від зовнішніх ворогів — армію. Інакше кажучи, *під час побудови держави як штучної системи в принцип її дії — захист приватної власності — закладали форми взаємодії між людьми, спрямовані не на розвиток позитивних, а на обмеження вияву негативних якостей особистості.*

Теоретично елементи, що забезпечують збереження соціальних інститутів, повинні були б створювати максималь-

но комфортні умови для кожного члена соціуму. Фактично ж стосунки між членами визначає мотивація до дій. А сама мотивація визначається прагненням до задоволення тих потреб, що окреслені системою цінностей. Проте, узявши як принцип дії держави захист приватної власності, соціум у такий спосіб установив головний параметр рівня соціальної значущості кожного члена суспільства — кількість престижних матеріальних об'єктів, якими він володіє.

Ще наприкінці XIX століття Т. Веблен сформулював **концепцію «демонстративного споживання»** (Veblen, 1899): поведінка представників заможного класу зумовлена інстинктом суперництва й бажанням прославитися, тому багато товарів створюють і купують не для задоволення своїх особистих життєвих потреб, а з метою вирізнитися серед інших, продемонструвати себе як багатіїв (Розмаинский, Холодилин). Теза «жити краще» означає не «краще, ніж учора», а **«краще, ніж інші»!**

Враховуючи витрати на захист приватної власності на різних рівнях, приблизно **20 % світової економіки** функціює не для того, щоб розвивати кожного члена соціуму, підвищувати його матеріальний і духовний рівні, а для того, щоб попереджувати — з метою збереження соціальної стабільності — наслідки виявів його агресивності, жадібності, амбіційності, прагнення до самоствердження через інших членів. Соціальні інститути сучасного ринку, побудовані на захисті приватної власності — на найвищому ступені раціональності й вирахуванні чистого прибутку, — **руйнівні для особистості. Вони стали гальмом і на шляху розвитку економіки.**

Держава як система управління соціально-економічними взаємозв'язками спирається на систему цінностей, ухвалену в суспільстві. Систему цінностей людини визначають її вихованням, а виховання — один із результатів діяльності системи освіти, що забезпечує ефективне функціонування економіки. Такий

взаємозв'язок між елементами системи періодично спонукає соціум до необхідності розв'язувати діалектичну суперечність: **державі, щоб вижити, потрібно розвивати економіку. Щоб розвивати економіку, потрібно розвивати людину. Проте особистість, здатна мислити, думає не лише про пошук розв'язку виробничих проблем — вона оцінює також, хто і як нею керує та як розподіляють вироблений нею продукт.**

Економісти давно зробили висновок про існування об'єктивних економічних законів, на ефективність дії яких впливають різноманітні позаекономічні чинники — етичні, психологічні, юридичні. Їх переплетіння створює інституційне середовище й сьогодні має такий вплив на економічне зростання, що інвестиції забезпечують ефективність економічного розвитку лише на 20%. Провідним же чинником є соціальна політика та морально-психологічна ситуація в суспільстві²⁹.

Дослідження загального рівня життя підтверджують, що **розмір ВВП на душу населення значно менше впливає на показники тривалості життя, рівень злочинності, рівень освіти й грамотності, а також здоров'я населення в країні, ніж різниця між найбагатшими та найбіднішими верствами населення**³⁰. Отже, якщо в основі політики лежить економіка, то **в основі економіки — психологія особистості!**

Які ж можна підсумувати здійснений аналіз?

Відповідно до основного закону ТРШС, розвиток штучної системи підкорений об'єктивним законам і завжди спрямований у бік підвищення рівня її ідеальності — з погляду людини, творця й користувача цієї системи. У розвитку економіки як провідного

²⁹ Игорь Гундаров: «Есть модель выхода из кризиса». *Столетие*. URL: http://www.stoletie.ru/obschestvo/igor_gundarov_jest_model_vyhoda_iz_krizisa_2009-07-10.htm

³⁰ Девід Камерон. Велике Суспільство проти Великого Уряду. *ГО «Країна ліберальна»*. 20 листопада 2012. URL: <http://liberal.in.ua/liberalism-in-the-world/dev%D1%96d-kameron-velike-susp%D1%96stvo-proti-velikogo-uryadu.html>

компонента системи «Соціум» цей закон вимагає скорочення витрат на її функціонування, що спричиняє вільний рух капіталу, товарів і робочої сили спочатку на територіальному, а згодом на регіональному й міжконтинентальному рівнях, перетворюючи усю планету на єдиний ринок. Тому **глобалізація** як наступний етап функціонування штучної системи «Соціум», із позицій ТРШС, **неминуча**, оскільки забезпечує його найбільш економічне існування.

Взаємозалежність економік різних країн зумовила їх об'єднання в єдину цілісну систему та появу транснаціональних корпорацій (ТНК). Унаслідок цього вже до 2012 року реальний сектор глобальної економіки, на який припадає 60 % світових прибутків, контролювали 1 318 компаній. У ядрі цих монополій (147 взаємопов'язаних корпорацій) зосереджено 40% загальносвітового капіталу³¹.

І тут виникає неузгодження цілей. Мета адептів ринкової економіки — створити глобальну соціальну систему для «золотого мільярда» на основі «західної» системи цінностей, зберігши тим самим свою владу. Цій меті, й досить активно, протистоять ісламська, китайська, індійська та низка інших ідеологій — джерело міжнаціональних і міжконфесійних конфліктів.

Глобалізація (знову-таки — через системні зв'язки!) викликає потребу в уніфікації всіх параметрів діяльності соціуму — виробничих, фінансових, правових, екологічних, інформаційних та інших — і, впливаючи на внутрішній розвиток країн, **неминуче призводить до інтернаціоналізації людства й створення єдиного національного тоталітарного управління**. Його перші «вісники» — Організація Об'єднаних Націй (ООН), Світова організація торгівлі (СОТ), Всесвітня продовольча програма (ВПП),

³¹ Кто правит миром: Названы самые влиятельные корпорации. *bigmir.net*. 11 января 2013. URL: <http://finance.bigmir.net/news/economics/27545-Kto-pravit-mirom-Nazvany-samye-vlijatelnye-korporacii>

Міжнародний банк реконструкції та розвитку (МБРР), Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Міжнародний валютний фонд (МВФ), Європейський суд з прав людини, Стокгольмський арбітраж, «Репортери без кордонів» тощо.

Зміна системи цінностей і, відповідно, основного параметра оцінки рівня соціальної значущості кожного члена соціуму вивільнить величезні природні, матеріальні й людські ресурси завдяки усуненню соціальних інститутів, що виконують у системі «Держава» допоміжні функції. У такий спосіб, згідно з основним законом ТРШС, підвищуватиметься рівень ідеальності системи «Соціум» завдяки повному розкриттю кожним його членом власних здібностей і реалізації можливостей (Меєрович, Шрагіна, 2002). Кінець протистояння залежатиме від рівнів громадянської активності й соціальної доброчесності більшості членів соціуму.

Розділ 14

РОЗВИТОК НАУКИ ЯК ШТУЧНОЇ СИСТЕМИ

Потреба людини зрозуміти процеси,
які відбуваються навколо неї в навколишньому світі,
приспосуватися до них, а потім використати
для надійнішого виживання спричинилися до появи науки.
Розпочавшись із набору та систематизації фактів,
наука згодом заглибилася в ядро атома,
у глибини космосу та самої людини.³²

Основна складність застосування функційно-системного підходу для аналізу причин зміни об'єктів — у неможливості розглядати розвиток однієї штучної системи без огляду на розвиток взаємозалежних із нею елементів інших систем. Ба більше, кожний новий етап розвитку людства призводить, у результаті його все зростальних потреб, до створення нових систем і, відповідно, до ускладнення надсистем по всіх щаблях ієрархії. Чи не погубить, як кажуть в Одесі, фраєра жадібність, якщо він не змінить своєї системи цінностей?!

Не відступаючи від визначеного нами методологічного принципу викладу, коротко розглянемо причини, які привели людство до створення науки як специфічної діяльності й найважливішого чинника розвитку економіки.

³² Ілля Пригожин, Ізабель Стенґерс «Порядок із хаосу. Новий діалог людини з природою» — <http://flibusta.site/b/602989>

Потреба в підвищенні продуктивності праці з виробництва життєво необхідних продуктів харчування зумовила, з урахуванням умов навколишнього середовища, першу спеціалізацію в поділі населення Землі на хліборобів, скотарів, мисливців і рибалок. Потреба в створенні предметів для праці й побуту — спеціалізацію ремесел. Але ця ж спеціалізація, у міру зростання кількості населення та його технологічного, соціального й культурного розвитку, зажадала виходу за межі «натурального господарства» та створення «зовнішньоекономічних» (для кожного ремесла!) торговельних зв'язків, що, зі свого боку, спричинилося до створення низки соціальних інститутів як штучних систем.

Штучна система створюється людиною (групою людей) для задоволення конкретної потреби шляхом виконання своєї основної функції в процесі безпосередньої або опосередкованої взаємодії з людиною.

Одними з перших штучних систем стали технічні системи — інструменти для видобутку продуктів харчування, їхньої обробки й створення предметів побуту. Потреба у виробництві таких інструментів привела до зародження економіки — сфери діяльності людей із виробництва й розподілу матеріальних, культурних і духовних цінностей, необхідних людині для її надійного виживання в природних умовах і в процесі комунікації з іншими членами суспільства.

Потреба підвищити продуктивність праці в економіці з опорою на досвід, що накопичується від покоління до покоління, викликали створення системи освіти. А потреба узагальнити й формалізувати емпіричний досвід — появу науки.

На думку історика науки І. М. Веселовського, «сучасна наука спирається на такі три основи: 1) застосування експерименту, спостереження й досліду під час вивчення природи; 2) логічне доведення висновків, отриманих з основних передумов;

3) можливість математичного подання природних процесів» (Веселовский, 1961).

Розкриємо основні поняття, на які ми спиратимемося:

Наука — сфера діяльності людини, спрямована на вироблення й систематизацію регулярно оновлюваних знань про навколишню дійсність, об'єктивних на цей момент розвитку людства. Така діяльність здійснюється шляхом збору фактів під час спостереження природних або суспільних процесів, їх осмислення, критичного аналізу й систематизації. Установлення причиново-наслідкового зв'язку між певною дією та її результатом дозволяє розглядати процес як закономірний, формалізувати його, визнати законами природи або суспільства й використовувати для прогнозування — для створення технологічних процесів. Кінцева мета науки — створення практичних технологій!

Технологія — це набір стереотипних прийомів виробництва, відтворення яких гарантує отримання стандартного кінцевого продукту.

Беручи за основу запропоновані формулювання, визначимо знання як упорядковану інформацію, отриману емпіричним та/або теоретичним способом, що з різним ступенем імовірності й об'єктивності відображає у свідомості людини властивості навколишньої дійсності. Інформація може стосуватися як зовнішнього світу (його об'єкти, явища й процеси), так і самої людини. Відразу ж зазначимо, що, крім наявності різних типів знання й різної «питомої ваги» його видів, у різних культурах у різні історичні періоди формувалися специфічні технології подання й упорядкування знань.

Потреби людини в пізнанні зумовили створення безлічі наук, які за виконуваною ними основною функцією можна поділити на дві великі групи:

- *природничі* — виявити сутність явищ природного світу й закономірності їх перебігу з метою пояснення та/або засто-

сування їх на практиці для прогнозування наслідків (зміна пір року для землеробства, рух зірок із метою орієнтування в просторі тощо);

- *соціогуманітарні* — виявити сутність людини як соціального об'єкта, причини її розвитку та розвитку суспільства в історичному, економічному й соціальному аспектах як сфери її комунікації з іншими людьми.

Парадигма — цілісне уявлення про стан науки, її основні методи й принципи, набір методологічних настанов і прийомів дослідницької діяльності.

Наукова парадигма — це система конвенційно встановлених у науковому співтоваристві методів формулювання дослідницьких проблем і способів їх розв'язання. До парадигмальних феноменів у науці можна зарахувати також систему визначених у наукових співтовариствах умовностей.

Розвиток науки, відповідно до концепції Т. Куна, відбувається в результаті появи й нагромадження нових фактів, які не вкладаються в ухвалену парадигму, що призводить до формування нової панівної парадигми (Кун, 2001).

Методологія — система (комплекс, взаємозалежна сукупність) принципів і підходів дослідницької діяльності, на які спирається дослідник у ході одержання й розробки знань у межах конкретної наукової дисципліни. Основне завдання методології науки — забезпечити евристичну форму пізнання комплексом суворо вивірених принципів, методів, правил і норм, що пройшли апробацію.

Метод — спосіб досягнення якої-небудь мети.

У розвитку науки як процесу теоретичного нагромадження й практичного використання знань, що всю свою історію фактично йшла шляхом усе більш прогресивної спеціалізації наукових дисциплін, уже наприкінці XIX — на початку XX століття увиразнив-

ся зворотний процес — до інтеграції спочатку суміжних, а потім і досить віддалених, на перший погляд, галузей. Причиною такого зближення ставало дедалі глибше розуміння дослідниками того факту, що світ — це неподільна цілісна система, й усі процеси, що відбуваються в ньому, взаємозалежні. Прагнення усвідомити ці зв'язки й виявити природу системності привело до численних спроб створити загальну теорію систем (до прикладу, Урманцев, 1990; Уемов, Сараева, Цофнас, 2001).

Основними джерелами наукового обґрунтування системного бачення світу стали загальновідомі теорії К. Маркса й Ч.Дарвіна про закономірності виникнення й розвитку суспільних і біологічних макросистем, тому об'єктом системних досліджень є насамперед системи, що розвиваються. Одне з головних завдань таких досліджень — аналіз та виявлення законів і співвідношень, заснованих на принципі ізоморфізму, тобто загальних для різних сфер діяльності. Розв'язання такого завдання на основі функційно-системного підходу дає змогу — у разі високої диференційованості сучасної науки — застосовувати його як міждисциплінарний і переносити закони, поняття й навіть методи досліджень з однієї сфери пізнання в іншу.

Революція у фізиці на початку XX століття поставила вимогу, для забезпечення можливості незалежної перевірки результатів експериментів, урахувувати діяльність суб'єкта. «Відносність знання до засобів спостереження» — так переформулював принцип доповнюваності Н. Бора академік В. О. Фок. Утім, та обставина, що неklasичний тип наукової раціональності несумісний із класичним ідеалом раціональності й робить останній принципово нездійсненним, була усвідомлена лише в ході сучасної наукової революції (Добронравова, 2017).

Згодом у методології науки мав з'явитися чинник, що враховував би особисту участь людини в створенні й керуванні

штучними системами як автономними: або як елемента системи (я копаю лопатою, керую автомобілем), або опосередковано — як творця програми, за якою працює система (кондиціонер, автоматична лінія).

До теперішнього часу наука пройшла три етапи свого розвитку:

- 1) етапові *класичної раціональності* як наслідкові промислового перевороту властива безособовість знання, дослідження дійсної картини реальності за допомогою об'єктивних методів;
- 2) етапові *некласичної раціональності* притаманна рефлексія залежності одержуваних знань від методу. Знання починають мати особистісний характер, що свідчить про спробу подолання дихотомії «об'єкт — суб'єкт». Розуміння історичного розвитку науки зумовлене безліччю чинників;
- 3) у *постнекласичному* етапі змінюється кількість інформації та способи її розробки, у центрі дослідницької уваги постають не окремі об'єкти, а унікальні системи, що саморозвиваються. Це вимагає міждисциплінарних досліджень з урахуванням не тільки природних, а й гуманітарних наук через необхідність зважати на якість особистості, залученої до виробничих процесів (Степин, 1999). З позицій ТРШС — зростання функційності системи шляхом підвищення рівня керованості.

Принципові відмінності некласичної науки, зокрема психології, від постнекласичної, як вважає М. С. Гусельцева, зводяться ось до чого: якщо ідеалом некласичної психології були природничі науки, насамперед теоретична фізика, то на становлення постнекласичної психології найбільше вплинули гуманітарні науки, серед яких культурологія (Гусельцева, 2009). Водночас «постнекласична психологія — це такий стан знання, у якому різні наукові теорії (що розуміються як моделі, які описують окремі аспекти психічної реальності), становлять взаємопогоджувану мережу» (Гусельцева, 2009, с. 25).

Заміна соціокультурних контекстів, у яких функціують науки, і перехід від індустріального до інформаційного суспільства актуалізували нові потреби в методології отримання наукових знань і виявилися в принципових відмінностях постнекласичної науки від неklasичної:

- можливий вибір філософії й методології залежно від завдання дослідження й особистих переваг дослідника. Підкреслимо, що можливий вибір, визначуваний індивідуальними особливостями дослідника як результату взаємодії його особистісних якостей із біографічною унікальністю його становлення як ученого;
- не заперечуючи пошуку універсальних законів і їхньої значущості, присвячено увагу індивідуальній логіці внутрішнього розвитку як унікальності (*у термінології ТРШС — перехід на мікрорівень. — Авт.*);
- для неklasичної науки характерний соціодетермінізм. Постнеklasична наука пов'язана із ситуативним детермінізмом, за якого на передній план виходять свобода волі й свобода вибору особистості;
- ускладнення суб'єкта/об'єкта дослідження як унікальних систем, що саморозвиваються, у процесі самого дослідження;
- ментальним новотвором постнеklasичної науки є необхідність підвищення рівня рефлексії — здатності до критичного самоосмислення в мінливих дослідницьких контекстах;
- необхідність настанов на комунікативність між психологічними концепціями, погодженість теорії й практики;
- постнеklasичній психології властиве подолання класичних дихотомій (Гусельцева, 2009; Мазілов, 2007; Степин, 1999).

Зміст цих критеріїв дозволяє зробити висновок, що специфіка гуманітарного підходу постнеklasичної науки під час аналізу

результатів дослідження полягає, по-перше, у необхідності враховувати, імпліцитно присутній суб'єктивний досвід дослідника і, по-друге, в тому, що вивчається не необхідне, а можливе, тому на перше місце як об'єкт дослідження виходить особистість.

Розділ 15

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ КОНФЛІКТУ:

ЧИ МОЖЛИВА ТОЛЕРАНТНІСТЬ?

Які причини конфліктів у міжособистісних стосунках?

Функційно-системний підхід,

аналізуючи причини виникнення конфліктів

на виробництві й у побуті,

наводить нас на думку, що в їхній основі —

такі суб'єктивні чинники,

як відмінність у системі цінностей особистостей, які взаємодіють,
що, зрештою, виявляється у формі й рівні їхніх потреб.

— Б'ються за корону?

— А то як же, — сказав Король.

— А найсмішніше в цьому те,
що корона-то моя!

Льюїс Керролл «Аліса в Задзеркаллі»

(переклад В. Наріжної)

Джерелом активності будь-якої живої істоти, зокрема людини, є її потреби. Викликаючи мотивацію («Я хочу!»), вони спонукають до діяльності. Однією з форм виявлення активності, що забезпечує підтримання життєво важливих зв'язків із навколишнім світом і виникає в процесі діяльності, є спілкування

— взаємодія між суб'єктами³³ шляхом установалення й розвитку контактів між ними.

У масштабах життєдіяльності людини спілкування забезпечує найперше реалізацію функцій навчання, виховання та розвитку особистості як головної умови виживання. Під час різноманітних контактів виникають міжособистісні стосунки й відбувається задоволення тих чи тих потреб у тій чи тій формі.

Скористаємося короткою, але найбільш узагальненою класифікацією потреб особистості (Маслоу, 1996) й розглянемо ці потреби з погляду функційного підходу: яку основну функцію в житті людини вони виконують.

1. *Біологічні потреби.* Сюди входять фізіологічні потреби (задоволення голоду, спраги, статевого потягу тощо) й потреба в безпеці (почувати себе захищеним, не відчувати страху, бути здоровим). Основна функція біологічних потреб — бути живим: забезпечити видове та/або індивідуальне існування людини.
2. *Соціальні потреби.* До них належать потреба в належності до спільноти (необхідність перебувати поряд із людьми, бути визнаним і прийнятим ними), потреба поваги (компетентність, досягнення успіхів, визнання, авторитет) та інші. Людина як вид закріпилася в «стадному» існуванні, тож до суто біологічних потреб додалася вимога не просто «бути живою», а «бути живою в стаді». Основна функція соціальних потреб — належати до соціальної групи, посідати в ній певне місце, мати увагу від навколишніх, відчувати власну значущість у формі любові, авторитету або влади серед собі подібних.
3. *Вищі (ідеальні, або духовні) потреби.* Такими є пізнавально-творчі (знати, розуміти, уміти, досліджувати, створювати щось

³³ У широкому значенні як один із суб'єктів спілкування можуть бути будь-які об'єкти: море («Душа у душу, море, заживем» (І. Павлюк)), стежка («Де ти, моя стежино, Де ти, моя єдина?» (А. Малишко)) та інші. Тут ми не зупинятимемося на спілкуванні як формі стосунків людини з самою собою, природою, Богом тощо.

нове), духовні (пізнання сенсу свого існування й сенсу життя), доброчесні й естетичні. Вищі потреби — реалізація власних здібностей, розвиток власної особистості — найповніше сприяють самоактуалізації людини.

Якщо перші два види потреб властиві практично всім біологічним спільнотам живої природи, то третій вид притаманний лише представникам людської спільноти. Саме наявність вищих потреб (якщо таку категорію, як потреби, взяти для аналізу відмінностей між живими істотами) є видовою ознакою людини. Наявність і реалізація цих потреб виконує, на наш погляд, функцію олюднення людини. (Дуже важливий чинник — форма задоволення потреб: вони різні як в етнічних групах, так і в окремих людей.) Можна стверджувати, що **історія розвитку особистості є історією розвитку її потреб!**

Людське суспільство за статевою й віковою ознакою складається з чоловіків, жінок і дітей, що належать до різних народів і національностей. Це дає змогу узагальнено представити всі форми міжособистісного спілкування як штучну систему у вигляді таблиці (морфологічної матриці) (таблиця 14.1):

Таблиця 14.1

**МОЖЛИВІ ФОРМИ МІЖОСОБИСТІСНОГО СПІЛКУВАННЯ
ЯК ШТУЧНА СИСТЕМА**

	Чоловік	Жінка	Дитина
Чоловік	Ч + Ч	Ч + Ж	Ч + Д
Жінка	Ж + Ч	Ж + Ж	Ж + Д
Дитина	Д + Ч	Д + Ж	Д + Д

Даючи кожному представникові спільноти різні соціальні ролі, отримаємо на перетині рядків і стовпчиків усе розмаїття й багатоплановість варіантів взаємодії між людьми:

Чоловік — чоловік: батько — дорослий син, друг — друг, брат — брат (дорослі), колега — колега, керівник — підлеглий тощо.

Чоловік — жінка: керівник — підлегла, чоловік — дружина, колега — колега, коханець — коханка, батько — доросла донька, брат — сестра (дорослі) тощо.

Чоловік — дитина: батько — син або донька, учитель — учень, тренер — учень тощо.

Жінка — жінка: керівниця — підлегла, подруга — подруга, сестра — сестра (дорослі), колега — колега, мати — доросла донька тощо.

Так само можуть бути розглянуті варіанти соціально-рольових стосунків пар «жінка — дитина», «дитина — дитина».

Оскільки життя — це безперервний процес спілкування (у суспільній і професійній діяльності, в особистому житті), то у взаєминах між членами цих пар часто виникають претензії — очевидне чи приховане невдоволення людей одне одним, пов'язане, як правило, із незадоволенням якихось потреб.

Здебільшого джерелами претензій (в одного з учасників до іншого або взаємні претензії) є суперечності, що виникають там, де є розбіжність:

- 1) *Ціннісних орієнтацій* — щодо моральних норм, поглядів, переконань. Якщо існують відмінності в переконаннях, а також морально-добросовісна несумісність, виникнення претензій неминуче.
- 2) *Очікувань і позицій*. Таке нерозуміння зазвичай виникає між людьми, різними за віком, професійною належністю, життєвим досвідом та інтересами. І що більші ці відмінності, то глибше між ними непорозуміння, яке може навіть спричинити взаємну неприязнь.
- 3) *Знань, умінь, здібностей, особистісних якостей*. Відмінності в рівні освіти призводять до того, що люди стають малоцікаві

одне одному. Існують психологічні бар'єри через можливі індивідуальні відмінності інтелектуального характеру («Він надто розумний!»), що можуть спричинити неприязнь і ворожість. Такі індивідуальні особистісні відмінності у властивостях темпераменту, як імпульсивність, запальність, і такі риси характеру, як прагнення домінувати, безцеремонність у ставленні до інших тощо, спричиняють напруженість у людських стосунках.

- 4) *У розумінні, інтерпретації інформації.* Не всі люди від природи наділені однаковою здатністю до розуміння того, що відбувається з ними й навколо них. Те, що очевидне для одного, може стати нерозв'язною проблемою для іншого. (Ці питання обговорюють у соціоніці, нейролінгвістичному програмуванні, психології розуміння, герменевтиці тощо.)
- 5) *Оцінок, самооцінок.* Щодо себе й ситуації в кожного з учасників вони можуть бути адекватними, заниженими або завищеними й не збігатися.
- 6) *Фізичних, емоційних та інших станів* («Ситий голодного не розуміє»).
- 7) *Цілей, засобів, методів діяльності.* Потенційно вибухонебезпечною є ситуація, де двоє або декілька людей мають суперечливі, несумісні один з одним мотиви поведінки. Кожен із них, маючи свою мету, свідомо чи несвідомо перешкоджає досягненню цілей іншими індивідами.
- 8) *Функцій управління.*
- 9) *Економічних, технологічних та інших процесів.*

Найкритичніша форма незадоволення виявляється як «процес різкого загострення суперечностей і боротьби двох або більше сторін-учасників у розв'язанні проблеми, що має особистісну значущість для кожного з учасників» (Андреев, 2007). У психології

такі стосунки визначають як конфлікт — *«зіткнення протилежно спрямованих, несумісних одна з одною тенденцій, окремо взятого епізоду у свідомості, у міжособистісних взаємодіях або міжособистісних стосунках індивідів або груп людей, пов'язане з негативними переживаннями»* (Корнелиус, Фейр, 1994).

Які ж джерела суперечностей спричиняють конфлікти в процесі спілкування?

З погляду поняття «система» спілкування — це об'єднання суб'єктів, покликане задовольнити одну або кілька видів потреб і сформувати своїм об'єднанням міжособистісні стосунки.

Таке визначення дає змогу виявити умови, за яких спілкування буде тривалим, та основні джерела взаємних претензій, що можуть перерости в суперечність і завершитися конфліктом. Це, найперше, ставлення до основної функції: якщо всі суб'єкти (учасники спілкування) однаково розуміють і приймають функцію, тобто їхні потреби збігаються, спілкування, навіть у разі наявності взаємних претензій, матиме характер співпраці, здорової конкуренції й дасть позитивні результати. Так, в успішному виробничому колективі всі працівники роблять свій професійний і психологічний внесок (не завжди навіть очевидний!) у його роботу. У дружній сім'ї всі її члени підтримують і посилюють один одного.

Проте ставлення до основної функції може не збігатися. Передусім тому, що інтереси людей істотно відрізняються, а їхні потреби такі, що почасти можуть бути задоволені шляхом порушення інтересів інших або й нехтування ними. Наприклад, керівникові потрібно, щоб підлеглий багато й добре працював за мінімальну платню, а в підлеглого бажання цілком протилежні... Батьки хочуть, щоб дитина більше часу присвячувала шкільному навчанню, музиці й іноземній мові, а дитині хочеться мати більше часу для комп'ютерних ігор. І так далі.

Отже, міжособистісні стосунки — нова системна якість, що з'являється в процесі спілкування, — або підсилюють суб'єктів, що спілкуються, або слугують причиною виникнення незадоволення, суперечок, претензій і конфлікту між ними.

Для аналізу конфліктної ситуації й пошуку можливого ефективного варіанту її розв'язку скористаємося алгоритмом розв'язування проблемних ситуацій (АРПС).

Аналіз починається з формулювання основної функції системи, її складу й небажаного ефекту, що виникає в процесі функціонування системи.

Система «Спілкування» для задоволення однієї або декількох потреб складається з учасників спілкування А й В (з їхніми індивідуальними якостями), мети спілкування (потреби) та міжособистісних стосунків (зв'язків). У процесі спілкування виникає небажаний ефект (HE_1) — претензія учасника спілкування А до учасника спілкування В. Небажаний ефект найчастіше виникає тоді, коли один учасник спілкування в процесі якоїсь діяльності висуває іншому учасникові нові, підвищені вимоги або намагається змінити щось у системі спілкування, що склалася.

Для задоволення цієї претензії учасник спілкування В пропонує засіб усунення (ЗУ) — деяку дію, що усуває HE_1 . (Ця дія вже може існувати в зазначеній системі, але недостатньою мірою, або ж для її виконання необхідне введення додаткової системи. Як відомо, людські стосунки — складна багатофакторна система, тож засіб, що розв'язав би проблему, знайти не завжди легко.) Якщо запропонований ЗУ задовольняє учасника А, то HE_1 усунено й конфлікт не виникає. Якщо ж запропонований ЗУ учасника А не задовольняє, то виникає новий небажаний ефект (HE_2).

HE_1 , ЗУ й HE_2 пов'язані причинно-наслідковим зв'язком:

1. Якщо ввести ЗУ, то HE_1 усунено, проте виникає HE_2 .
2. Якщо ж ЗУ не вводити, то HE_2 не виникає, проте зберігається HE_1 .

Така форма причиново-наслідкового зв'язку створює технічну суперечність, тобто таку властивість зв'язку між двома учасниками спілкування, за якої необхідна для учасника А зміна форми спілкування викликає неприпустиму зміну форми спілкування для учасника В, і навпаки.

Трактування завдання про попередження конфлікту в ідеальному варіанті може бути сформульоване так: не вводячи ЗУ й у такий спосіб не створюючи HE_2 , усунути HE_1 .

Визначимо оперативну зону (ОЗ) — зону, де стикаються неузгоджувані (у найгіршому разі — протилежні) інтереси учасників спілкування. Оскільки основною функцією спілкування є задоволення потреб, то очевидно, що оперативною зоною буде ставлення кожного з учасників спілкування до змісту потреб і форми їх задоволення.

Для пошуку ефективного розв'язку важливо взяти до уваги й оперативний час (ОЧ) — період виникнення претензії й перебігу власне-конфлікту.

Власне-конфлікт у термінології АРПС є фізичною суперечністю для визначеної проблеми, тому може бути сформульований як висування кожним учасником у ході спілкування протилежних вимог до одного й того самого:

- *об'єкта потреби* («Ця земля повинна бути моєю, а не його, щоб моя столиця була далі від його кордону!»);
- *змісту потреби* («Я зроблю те, що Я хочу, а не те, що ТИ хочеш, тому що я краще за тебе знаю, що правильно!»);
- *способу реалізації потреби* («Відпочивати ми будемо в горах, а не на морі, тому що я люблю кататися на лижах, а не хлюпатися в брудній воді!»).

Серед причин можна назвати й інші суб'єктивні чинники, зокрема неприязнь людей одне до одного, що виникає на основі розбіжностей, розглянутих вище.

Ідеальний кінцевий результат (ІКР) — знайти в змісті потреб кожного учасника такі ресурси, що дадуть можливість отримати результат спілкування, який би задовольнив одного з учасників і не викликав негативного стану в іншого. Фахівці з ведення переговорів вже давно визначають його так: «Не торгуйтеся позиційно! Говоріть про інтереси, а не про позиції!»³⁴.

Результат розв'язання претензії (конфлікту) для кожного з учасників може бути оцінений ось як: перемога, компроміс або придушення (поразка). Для аналізу міжособистісних стосунків та оцінки психологічного стану кожного учасника складемо таблицю (морфологічну матрицю) можливих поєднань цих результатів (таблиця 14.2):

Таблиця 14.2

**МОЖЛИВІ РЕЗУЛЬТАТИ МІЖОСОБИСТІСНИХ КОНФЛІКТІВ
ТА ЇХ ОЦІНКА**

	Виграш	Компроміс	Придушення
Виграш	+	0	—
Компроміс	0	0	—
Придушення	—	—	—

З дев'яти можливих поєднань результатів виходу з конфлікту лише варіант співпраці (за умови визначення спільної мети) дає кожному учасникові відчуття виграшу.

У всіх інших варіантах одна чи обидві сторони відчують незадоволення, що з часом неминуче стає причиною нових конфліктів. Цей висновок підтверджує вся історія людських стосунків і вияв пристрастей на різноманітних рівнях — державних, соціальних, національних, особистісних...

Як зазначено вище, основна функція штучної системи «Міжособистісне спілкування» — це задоволення особистісних

³⁴ Фишер Р., Юри У. Путь к согласию. Москва : Наука, 1992. 156 с.

потреб. Розглянемо способи, завдяки яким система реалізує свою основну функцію на кожному з рівнів потреб і, відповідно, знаходить корені виникнення конфліктів.

На біологічному рівні задоволення потреб претензії виникають через відсутність житла («свої території»), достатньої кількості їжі чи її якості, бажаного партнера в сексі тощо. Претензії також виникають через індивідуальні відмінності між людьми: уподобання різних продуктів, різних варіантів відпочинку, планування сім'ї тощо. У людському суспільстві біологічні потреби реалізують у соціальних формах. Причиною виникнення всіх конфліктів найчастіше є обмеженість матеріальних ресурсів. Наймасштабніший вияв «біологічних» конфліктів — війни за територію, етнічні чистки, міжнаціональна й міжрасова нетолерантність.

На соціальному рівні все просто «кипить» від конфліктних ситуацій, одна частина яких корінням сягає біологічного рівня (матеріальні статки), а інша впливає з психологічної потреби самоствердитися — бути значущим у суспільстві. Комплексний і надмірний вияв цієї тенденції — влада заради влади, тобто можливість керувати долями собі подібних.

Соціальна потреба як прагнення самоствердитися й боротьба за лідерство загострилися, коли створення й розвиток засобів виробництва розв'язали проблему виживання людства як виду на біологічному рівні.

Реалізація соціальної потреби відбувається, як правило, через використання інших членів суспільства, а результати власних досягнень демонструють наявністю тих цінностей, які в цьому суспільстві визнані. А суспільство в усі часи оцінює досягнення кожного його члена найчастіше за кількістю та якістю належних останньому матеріальних цінностей, що є прямим наслідком ринкової економіки й економічного розвитку.

Виникає суперечність: лідер мусить пригнічувати решту членів суспільства, щоб вивищуватися над ними, і мусить піднімати їх, щоб забезпечити собі гідне й безпечне існування. Для розв'язання цієї суперечності й збереження суспільства як системи потрібні правила, що регулюють стосунки між людьми. Виникають такі соціальні поняття, як «закон», «мораль» і «доброчесність», а в результаті — «загальнолюдські цінності», що й стали **соціальною передумовою** для появи ідеї толерантності як запоруки стабільного існування.

Під час реалізації людиною потреб в інтелектуальній і творчій видах діяльності може бути створений продукт, що забезпечить його творцеві соціальний престиж і матеріальні статки. Зростання соціального престижу творчої діяльності (розумний, талановитий тощо) та матеріальні можливості, що забезпечують її результати (скульптури, фільми, винаходи, картини тощо), часто викликають заздрість у навколишніх і можуть стати приводом для конфліктів, корені яких сягають першого й другого рівнів потреб.

В історичному плані потреби (як людства, так і окремої людини) розвиваються в їхній постійній взаємодії та впливі одна на одну, визначаючи й зумовлюючи появу зворотного впливу — не лише знизу вгору, але й із певного періоду згори вниз. Так, наприклад, справжній релігійний світогляд визначає й пронизує життя вірянина «на всіх рівнях».

Неприязнь (ворожість) між людьми, коли вона вже виникла, важко усунути, оскільки пов'язані з нею негативні емоційні переживання досить стійкі, виникають автоматично й майже не контрольовані свідомістю.

Психологічний аналіз джерел активності людини — її потреб, що спонукають людину до діяльності, — й результати розв'язання конфліктів, що виникають у процесі цієї діяльності, пропонують невтішний висновок: толерантність — терпимість до інших поглядів, моралі, звичок — сьогодні в масовому вияві неможлива.

Проте цей самий аналіз показує, що людина є носієм і таких специфічних видів людської активності, як творча, добродійна, духовна, естетична. І якщо історія розвитку особистості справді є історією розвитку її потреб, то **психологічною основою** ідеї толерантності є виникнення й реалізація вищих потреб людини.

Ідея толерантності дуже молода. Її поява пов'язана з необхідністю забезпечити стабільність існування суспільства через зняття напруги між народами, націями й релігіями, а також ідеєю визнання рівності й цінності кожної людини незалежно від її расової, національної й соціальної належності.

Звідси випливає, що толерантність виявляється лише як усвідомлена позиція: люди мають право бути різними — інших поглядів, кольору шкіри, моралі, звичок. Проте, на відміну від виявлення байдужості, відсутності позиції, толерантність є ознакою впевненості в собі й усвідомлення надійності власних позицій, ознакою відкритої для всіх ідейної течії, що не боїться порівняння з іншими поглядами й не уникає духовної конкуренції (Шевчук, 2021).

Інакше кажучи, толерантність може виникнути лише як усвідомлена життєва позиція та як елемент світогляду людини (суспільства). Така позиція й такий світогляд можуть бути сформовані лише на певному рівні морального та інтелектуального розвитку. І якщо джерела нетерпимості й конфліктів — у біологічній природі людини, то способи виходу з конфліктів цілком залежать від рівня «олюднення» кожного з учасників.

Наявність специфічних людських потреб, що також є джерелами активності для багатьох людей, дає надію, на наш погляд, виявляти усвідомлений оптимізм у відповіді на питання «Чи можлива толерантність у людському суспільстві?».

*Пам'яті Вчителя —
Генріха Сауловича Альтшуллера*

Розділ 16

ПРО ПОНЯТТЯ «ГІДНА МЕТА» В ЖИТТЄТВОРЧОСТІ

Відповідно до того, як розвивається суспільство
й змінюються уявлення про мораль і доброчинність,
формується таке соціальне (системне!) поняття,
як «загальнолюдські цінності»:
основною цінністю здебільшого визнають людське життя
й права особистості. Унаслідок цього виникає питання
про роль (функцію!) людини в природі, про сенс і мету її життя.

*Лише співучасть у бутті інших живих істот
виявляє сенс і підставу власного буття.*

Мартін Бубер «Два образи віри»

Під час розробки теорії розвитку творчої особистості як «творчу» розглядали особистість, діяльність якої має соціально значущий результат в одній або кількох галузях науки, техніки, мистецтва. Дослідження приблизно тисячі життєписів, створених як самими творчими особистостями, так і їхніми біографами, дало можливість виокремити низку спільних компонентів, одним із яких є наявність гідної мети в їхньому житті. Характеризуючи основні критерії, що визначають гідну мету, дослідники, попри це, зазначають, що повного й однозначного визначення цього поняття поки не існує (Альтшуллер, Верткин, 1994).

Спробуємо виявити зміст поняття «гідна мета». Для аналізу використаємо прийоми функційно-системного підходу, який

застосовують у теорії розвитку штучних систем (ТРШС) для вивчення об'єктивних законів розвитку спочатку технічних, а згодом будь-яких штучних систем. Як систему розумітимемо об'єднання елементів, призначених для виконання певної функції й таких, які своїм об'єднанням утворюють нові властивості. Штучними системами є системи, створені людиною або суспільством (Меєрович, Шрагіна, 2020).

З позицій функційно-системного підходу будь-яка штучна система виникає як відповідь на появу якоїсь потреби. Система «Гідна мета» є культурним (штучним) утворенням, що виникло в соціумі, тому перше питання стосується її функції в житті людини. Друге питання — з яких складників вона утворюється. З урахуванням цього коротко зупинимось на основних потребах людини, щоб з'ясувати, коли міг виникнути такий суто людський компонент буття, як «гідна мета».

На першому етапі свого існування людина була присутня в ланцюгу природи як одна з її ланок і мала стільки ж шансів на виживання, як і будь-який інший живий організм. Проте, борючись за виживання, людина почала використовувати не лише фізіологічні можливості свого організму, а й творчі — можливості розуму. Створені за допомогою розуму знаряддя праці дали людині змогу активно втручатися в природний процес і в такий спосіб розв'язувати проблему виживання, що виокремило її як вид із загального біологічного ланцюга.

Розв'язання проблеми виживання на біологічному рівні загострило другу потребу — соціальну, властиву вищим живим організмам — бути значущим серед собі подібних. Для перемоги в цій боротьбі потрібно було шукати й знаходити нові — творчі! — ходи. Відповідно до розвитку суспільства фізична сила й агресивність як основні аргументи в дискусіях згодом поступаються місцем певним правилам взаємин — законам, за якими

дедалі більше як основну цінність визнають людське життя й права особистості. На основі змінюваних уявлень про мораль і доброчесність формується таке соціальне (системне!) поняття, як «загальнолюдські цінності», і як наслідок виникає питання про **роль (функцію) людини в природі**.

Водночас прикметно, що це питання ставить не природа людині як одному зі своїх елементів, а людина сама собі! Людину розумну сприйняття себе як суто біологічної істоти й, відповідно, мети життя як звичайного відтворення собі подібних уже не задовольняло. І. Кант, зокрема, ці питання сформулював так: «Що я можу знати? Що мені належить робити? На що я наважуся сподіватися? Що таке людина?»³⁵.

Отже, однією з визначальних особливостей людини вважатимемо наявність розуму як продукту психічної діяльності, що дозволяє не лише усвідомлювати навколишній світ, але й активно втручатися в біологічні та соціальні процеси, що в ньому відбуваються. Однак творча діяльність перетворює не лише навколишній світ: найперше вона перетворює саму людину — її мислення, внутрішній світ. І що складніші перетворення, які варто здійснити в зовнішньому світі, то досконалішим має бути розум — інструмент, який виконує ці перетворення. Щоб продуктивно користуватися цим інструментом, мусив виникнути третій вид потреб — творчий (за детальнішою класифікацією А. Маслоу — п'ятий (Маслоу, 1996)), і їхня ієрархія очевидна.

І знову виникає суперечність: якщо перша, біологічна, потреба «вижити як вид» виявляється передусім у стосунках із сильнішою ланкою біологічного ланцюга системи «Природа», то соціальна й творча потреби є другою системною властивістю, адже вони можуть виявлятися лише в системі «**Суспільство**», що складається з багатьох людей.

³⁵ Кант І. Критика чистого розуму / пер. з нім. та приміт. І. Бурковського. Київ : Юніверс, 2000. 504 с.

Отже, щоб бути творчою, особистість має вирізнятися своїми досягненнями на фоні досягнень інших людей, водночас кожен має прагнути самоствердитися, використовуючи інших (Veblen, 1899). А як продемонструвати рівень, на якому ти перебуваєш? Від моменту зародження й аж до сучасності результати, досягнуті кожним його членом, суспільство винагороджує найчастіше матеріально й відповідно оцінює: «Що ти маєш і скільки ти коштуєш?». Звідси випливає, що норми моралі суспільства, зокрема сучасного, відповідають першому й другому рівням ієрархії потреб і пов'язані з результатами економічного розвитку.

Сучасній економіці притаманне зростання темпу зміни технологій до більш наукоємних. Відповідно, зростає кількість творчих професій, що вимагають високого інтелектуального розвитку й самостійного ухвалення рішень у ситуаціях невизначеності. Так рівноправність, що була спочатку нормою моралі для частини суспільства, поступово й неминуче — зі зростанням рівня технологій і розвитком виробничих сил — переростає в рівноправність для всіх членів суспільства. І якщо держава хоче бути розвиненою, її система освіти повинна формувати в нових членів суспільства якості творчого мислення, що дали б їм можливість швидко й із позитивними емоціями змінювати кваліфікацію під час зміни технологій та успішно розв'язувати творчі завдання (Меєрович, Шрагіна, 2020).

Отже, сьогодні в системі «Суспільство» базовими виявляються взаємопов'язані демократизація суспільства як основна потреба економіки й гуманізація освіти з метою різнобічного вдосконалення структури особистості, що неминуче веде до гуманізації суспільства загалом і виникнення суспільства творчого типу. У такому суспільстві основною цінністю й нормою моралі буде задоволення не від матеріальних статків, а від самого процесу творчої діяльності (все істинне — невидиме!): «Зроби так, щоб найбільше люди любили працю й знання, щоб праця й

знання стали єдиним сенсом їхнього життя!»³⁶. Прагнення самовиразитися в такому суспільстві реалізовуватиметься не як самоствердження завдяки іншим членам, а як творчість у будь-якій вибраній галузі. Цю тему чудово розкрив Г. Гессе в романі «Гра в бісер», написаному ще 1943 року³⁷.

Для досягнення таких норм необхідне розвинуте мислення, «гра» якого й дасть змогу займатися творчістю на благо суспільства. Проте водночас варто усвідомлювати, що й в окремій особистості, й у суспільстві взагалі інтелект без відповідного рівня доброчинності може бути найвищим злом, а доброчинність (духовність) без інтелекту — безсила.

Будь-яка мета виконує в людському житті сенсотворчу функцію. Якщо припустити, що сенс життя людини — бути **людиною разом із людством**, то еволюцію кожної окремої особи можна розглядати як результат її внутрішнього розвитку — її **олюднення**. Тоді для нашого часу гідна мета — це шлях (або діяльність) людини, що сприяє реалізації сенсу власного життя та (нехай навіть опосередковано!) життя інших людей. І що більше ця діяльність допомагає іншим стати **людиною**, то впевненіше її можна назвати **гідною метою**.

А якщо процес припиняється, то зникає й гідна мета. До того ж зовсім не обов'язково, щоб така діяльність спричиняла появу матеріального кінцевого продукту — ба більше, продукти цього шляху значно частіше будуть виявлені в «ідеальному» вигляді — у зростанні духовності.

Отже, гідною метою пропонуємо вважати діяльність особистості, спрямовану на формування **доброчинного розуму** як власної питомої особливості й на подолання біологічних мотивів у власній поведінці на користь соціальних.

³⁶ Стругацкий А., Стругацкий Б. Трудно быть богом. Москва : Молодая гвардия, 1967. С. 175. (Библиотека современной фантастики. Т. 7).

³⁷ Гессе Г. Игра в бисер. Москва : Художественная литература, 1969. 240 с.

ВИСНОВОК

З соціального погляду вся історія людства — це, по суті, усунення якоїсь чергової нерівності: вільний — раб, вельможний — простолюдин, багатий — бідний... Нерівності, що забезпечує щораз меншій частині населення додаткові блага завдяки праці більшої його частини. Останній період історії ввів чергову градацію (в термінології ТРШС — перехід на мікрорівень): творець — виконавець. У масштабах планети це виглядає так: країна — генератор наукоємних ідей і країна — сировинний придаток. І відповідно: розподіл прибутків і якість життя...

На інформаційному етапі розвитку суспільства формування якостей творчої особистості поки ще продиктоване інтересами представників ринкової економіки, тобто орієнтоване на отримання надприбутків окремими корпораціями й країнами. За декларованими ринковою економікою гаслами забезпечити людство якіснішими товарами фактично стоїть не турбота про споживача, а прагнення обійти конкурента, стати монополістом у своїй галузі діяльності.

На людинотворчому етапі формування якостей творчої особистості буде орієнтоване, на наш погляд, не на ринкову економіку, а на благо всього суспільства. І якщо розглядати таке суспільство як об'єднання особистостей, кожна з яких працює разом з іншими заради досягнення спільної мети, то основною функцією освіти стане створення умов, за яких кожен член

суспільства зможе цілком розкрити свої здібності й реалізувати свої можливості. Змістом системи освіти, спрямованої на досягнення такої мети, стане створення середовища, що формує якості творчої й гуманістичної особистості, тобто розвиток власне-суспільства, а методикою — безпосередня участь кожної нової людини, що починає жити, у всіх галузях діяльності цього суспільства, щиро зацікавленої в тому, щоб унесок кожного його члена був максимальний.

Зважаючи на закони розвитку штучних систем, можна впевнено прогнозувати, що глобалізаційні процеси, що відбуваються в економіці, зітруть не тільки міждержавні, а й міжнаціональні й міжконфесійні кордони, суперечності й непорозуміння. Невпинна інтелектуалізація суспільства, викликана небаченим раніше темпом розвитку науки, й зростання загальної культури зумовлюють переоцінку життєвих цінностей, зміщення акцентів у бік духовних потреб. Будуть знищені всі причини, що призводять до нерівності між людьми. І нормою життя, а не красивим декларуванням, стане перша стаття Загальної декларації прав людини: «Всі люди народжуються вільними і рівними у своїй гідності та правах. Вони наділені розумом і совістю і повинні діяти у відношенні один до одного в дусі братерства»³⁸.

Так, звичайно, креативні якості багато в чому залежать від генетики. Проте, як показує практика, величезного значення набуває й система освіти, що готова з раннього дитинства розвивати здібності, закладені в людині природою.

Сформувати творчі навички може лише носій таких навичок — творчий учитель, який реалізує потреби суспільства. Підготувати

³⁸ Загальна декларація прав людини: прийнята і проголошена резолюцією 217 А (III) Генеральної Асамблеї ООН від 10 грудня 1948 року : неофіційний переклад. Верховна Рада України : законодавство України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_015#Text

такого вчителя масово в умовах тоталітарної держави неможливо: творчий учитель — це елемент творчого, демократичного соціуму думки й знання, з атмосферою загального й всеосяжного пізнання, що пронизана творчою напругою.

ДОДАТОК

АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ
ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ³⁹

УВАГА!

Алгоритм — інструмент ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ мислення,
а не ЗАМІСТЬ мислення.

Не поспішайте. Ретельно обмірковуюйте й записуйте
кожен крок.

Крок 1. Технічна система для _____
(*вказати основну функцію — ОФ*) _____
через (*вказати принцип дії системи — ПД*). Складається з

(*вказати повний склад системи*). У процесі виконання _____
(*вказати основну функцію — ОФ*) виникає небажаний ефект
 HE_1 — _____ (*вказати*).

Щоб усунути _____ (*вказати небажаний ефект HE_1*), можна використати засоби усунення (ЗУ)
_____ (*вказати можливі засоби усунення*). Однак під час використання цих засобів усунення (ЗУ) виникають нові небажані ефекти HE_2 _____
(*вказати, які небажані ефекти виникають від зміни кожного засобу усунення*).

³⁹ Кроки 1–2 АРПС розроблені на основі праці В. А. Корольова «Перша частина» (Корольов В. А. Первая часть. *Энциклопедия ТРИЗ*. 1987. URL: <http://triz.org.ua/data/w68.html>). Основою для кроків 3–7 стали кроки частин 2–3 АРВЗ-85 у редакції Г. С. Альтшуллера. В АРПС також використано низку приміток з АРВЗ-85В. Повний текст АРВЗ (частини 1–9) див. у: Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач. Новосибирск : Наука, 1986. 211 с.

Записати схему завдання БЕЗ СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ:

ОФ — _____ (зазначити умови, за яких основна функція працює якнайкраще!).

ПД — _____ (зазначити).

Склад системи: _____ (зазначити).

HE₁ — _____ (зазначити).

ЗУ — _____ (зазначити).

HE₂ — _____ (зазначити).

Розглянути варіанти технічних суперечностей (ТСп) у їхніх межових станах і записати їх.

$$\text{ТСп}_1: \overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{HE}_1}^{40} \rightarrow \text{HE}_2$$

Якщо ввести _____ (зазначити засіб усунення), то _____ (зазначити небажаний ефект HE₁) зникає, але з'являється _____ (зазначити новий небажаний ефект HE₂).

$$\text{ТСп}_2: \overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{HE}_2} \rightarrow \text{HE}_1$$

Якщо ж _____ (зазначити засіб усунення) не вводити, то _____ (зазначити новий небажаний ефект HE₂) не виникає, але зберігається _____ (зазначити небажаний ефект HE₁).

Крок 2. Формулювання винахідницького завдання:

$$\overline{\text{ЗУ}} \rightarrow \overline{\text{HE}_2} + \overline{\text{HE}_1}$$

Відсутній («ідеальний»!) _____ (зазначити засіб усунення) не створює (оскільки його немає!) _____ (зазначити новий небажаний ефект HE₂) і водночас усуває _____ (зазначити наявний небажаний ефект HE₁).

⁴⁰ Лінія над позначенням означає його протилежний стан або відсутність (не-HE₁).

Крок 3. Визначаємо оперативну зону (ОЗ) — зону, де відбувається конфлікт. До складу оперативної зони обов'язково повинні ввійти об'єкт, що підпадає під шкідливу дію (HE_1), і об'єкт, що впливає.

Крок 4. Визначаємо оперативний час (ОЧ). Цей час T складається з часу виконання основної функції T_3 , передконфліктного часу T_2 і часу конфлікту T_1 :

$$T = T_1 + T_2 + T_3.$$

У різних варіантах завдань час конфлікту T_1 може існувати як самостійний параметр, а також бути частиною часу T_2 й T_3 .

Крок 5. Сформулювати фізичну суперечність на макрорівні (М-ФСП): _____ (зазначити оперативну зону) під час _____ (зазначити час виконання основної функції T_3) має _____ (зазначити один фізичний стан, наприклад, бути гарячою), щоб працювала _____ (зазначити основну функцію), і має _____ (зазначити інший фізичний стан, наприклад, бути холодною) під час _____ (зазначити конфліктний час T_1), щоб не виникав _____ (зазначити HE_1).

Крок 6. Фізична суперечність на мікрорівні (μ-ФСП): між _____ (зазначити контактні поверхні) повинні бути частинки речовини, що забезпечують _____ (зазначити фізичний стан, за якого основна працює якнайкраще) і забезпечують _____ (зазначити протилежний фізичний стан, за якого не виникає HE_1).

Крок 7. Сформулювати ідеальний кінцевий результат (ІКР): технічна система мусить САМА забезпечувати між _____ (зазначити контактні поверхні) наявність

частинок, що забезпечують _____
(*зазначити протилежні фізичні стани*).

Крок 8. Сформулювати вимоги до властивостей, що їх повинні мати частинки, щоб забезпечити умови, за яких не виникає HE_1 : частинки мають бути _____
(*зазначити необхідні властивості*).

Крок 9. Проаналізувати склад системи й з'ясувати, чи є в ній елементи, що мають необхідні властивості.

Крок 10. Якщо завдання розв'язане, перейти до частини 7 АРВЗ-85В. Якщо крок 9 не вможливлює розв'язку завдання, перейти до частини 4 АРВЗ-85В.

© М. Й. Меєрович, 1997

Скорочення
(у запропонованій теорії)

АРВЗ — алгоритм розв’язування винахідницьких завдань

АРПС — алгоритм розв’язування проблемних ситуацій

ВЗ — винахідницьке завдання

ДФ — допоміжна функція

ЗРТС — закони розвитку технічних систем

ЗУ — засіб усунення

ІКР — ідеальний кінцевий результат

ІР — ідеальний розв’язок

ІФ — інформаційний фонд

ММЧ — моделювання «маленькими чоловічками»

μ-ФСп — фізична суперечність на мікрорівні

М-ФСп — фізична суперечність на макрорівні

МЧ — «маленькі чоловічки»

НЕ — небажаний ефект

ОЗ — оперативна зона

ОФ — основна функція

ОЧ — оперативний час

ПД — принцип дії

РТУ — розвиток творчої уяви

ТРВЗ — теорія розв’язування винахідницьких завдань

ТРШС — теорія розвитку штучних систем

ТСП — технічна суперечність

ФСп — фізична суперечність

Література

- Аверьянов А. Н. Системное познание мира: методологические проблемы. Москва : Политиздат, 1985. 263 с.
- Алексеев С. И. Исследование систем управления : учебное пособие. Москва : МЭСИ, 2007. 128 с.
- Альтов Г. И тут появился изобретатель... Москва : Детская литература, 1989. 126 с.
- Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. Москва : Московский рабочий, 1969. 272 с.
- Альтшуллер Г. С. История развития АРИЗ : конспект занятия (рукопись). 1986а. URL: <http://www.altshuller.ru/triz2.asp>
- Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач. Новосибирск : Наука, 1986b. 211 с.
- Альтшуллер Г. С. Патентный фонд фантастики. *Техника и наука*. 1980. № 6. С. 29–30.
- Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука: теория решения изобретательских задач. Москва : Советское радио, 1979. 175 с.
- Альтшуллер Г. С., Верткин И. М. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности. Минск : Беларусь, 1994. 479 с.
- Альтшуллер Г. С., Фильковский Г. Л. Современное состояние Теории Решения Изобретательских Задач (рукопись). Баку, 1975. URL: <http://www.altshuller.ru/triz2.asp>
- Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. О психологии изобретательского творчества. *Вопросы психологии*. 1956. № 6. С. 37–49.
- Андреев В. И. Саморазвитие культуры разрешения конфликтов. *Хрестоматия по социальной психологии* : авт.–сост. Г. Р. Шагивалеева, О. М. Штерц. Елабуга : Издательство ЕГПУ, 2007. С. 76–87.
- Анисимов О. С. Основы методологического мышления. Москва : Внешторгиздат, 1990. 403 с.

Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы. Москва : Психология, 1980. 216 с.

Байнхауэр Х., Шмакке Э. Мир в 2000 году. Москва : Прогресс, 1973. 240 с.

Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — обзор проблем и результатов. *Системные исследования*. Москва : Наука, 1969. С. 30–54.

Богданов А. Тектология. *Всеобщая организационная наука* : в 2-х кн. Кн. 1. Москва : Экономика, 1989. 255 с.

Веселовский И. Н. Аристарх Самосский — Коперник античного мира. *Историко-астрономические исследования* : в 40 вып. Москва : Гостехиздат, 1961. Вып. 7. С. 17–70.

Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук. Т. 3 : Философия духа / пер. Б. А. Фохта ; отв. ред. Е. П. Ситковский. Москва : Мысль, 1977. 471с. (Философское наследие).

Герасимов В. М., Литвин С. С. Развитие альтернативных технических систем путем их объединения в надсистему. *Журнал ТРИЗ*. 1990. №1. С. 8–15.

Гостев А. А. Актуальные проблемы изучения образного мышления. *Вопросы психологии*. 1984. № 1. С. 114–119.

Гусельцева М. С. Понятие прогресса и модели развития психологической науки. *Прогресс психологии: критерии и признаки* / под ред. А. Л. Журавлева, Т. Д. Марцинковской, А. В. Юревича. Москва : Издательство «Институт психологии РАН», 2009. С. 13–32.

Давыдов В. В., Зинченко В. П. Предметная деятельность и онтогенез познания. *Вопросы психологии*. 1998. № 5. С. 11–29.

Джеймс У. Мышление. *Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления* / под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, В. В. Петухова. Москва : МГУ, 1981. С. 11–20.

Джонс Дж. К. Методы проектирования. Москва : Мир, 1986. 324 с.

Добронравова І. Практична філософія науки : збірка наукових праць. Суми : Університетська книга, 2017. 352 с. URL: <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/Dodr-phil-2017.pdf>

Ильясов И. Критическое мышление: организация процесса обучения. *Директор школы*. 1995. № 2. С. 50–55.

Канке В. А. Основы философии. Москва : Логос ; Высшая школа, 2000. 287 с.

Корнелиус Х., Фейр Ш. Знакомство с понятием «конфликт». *Хрестоматия по социальной психологии*. Москва : Международная педагогическая академия, 1994. С. 54–76.

Королев В. А. Первая часть. *Энциклопедия ТРИЗ*. 1987. URL: <http://triz.org.ua/data/w68.html>

Кун Т. Структура научных революций / пер. з англ. О. Васильева. Київ : Port-Royal, 2001. 228 с. URL: <http://litopys.org.ua/kuhn/kuhn.htm>

Мазилов В. А. Методология психологической науки: история и современность. Ярославль : МАПН, 2007. 352 с.

Маслоу А. Мотивация и личность. *Теории личности западноевропейской и американской психологии*. Самара : Издательский дом «Бахрах-М», 1996. 480 с.

Меерович М. И. «Опережающая педагогика»: возможности и результаты. *Решение проблем многоуровневого образования средствами ТРИЗ-педагогики* : сборник научных трудов / под ред. А. Г. Рокаха, В. А. Ширяевой. Саратов : Научная книга, 2004. С. 28–32.

Меерович М. И. Формула улыбки чеширского кота (Отзыв на работу В. А. Королева «Улыбка чеширского кота»). Одесса, 1992. 2 с. (Фонд ЧОУНБ, 1992–1993. Вып. 4–5. Прил. 7).

Меерович М. И., Шрагин И. В. Шкив регулируемого диаметра для бесступенчатого вариатора. *Математическое моделирование систем и процессов*. 1994. № 2 (2). С. 65–73.

Меерович М. И., Шрагина Л. И. «Идеальные» системы в контексте теории развития искусственных систем. *Філософські проблеми гуманізації освіти*. Одеса, 2002. С. 79–81.

Меерович М. И., Шрагина Л. И. Взаимосвязь социально-экономических процессов в контексте функционально-системного подхода. *Матери-*

алы II Международного научного конгресса «Глобалистика — 2011: в поиске новых ресурсов глобального развития». (г. Москва, 18–22 мая 2011 года, МГУ). URL: <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/2b1da749-493b-4f3e-9733-eef6f93c6f1f/content>

Меерович М. И., Шрагина Л. И. Законы развития искусственных систем. *Успехи современного естествознания*. 2004. № 5. С. 241–243. Прил. № 1.

Меерович М. И., Шрагина Л. И. Основы культуры мышления. *Школьные технологии*. 1997. № 5. С. 34–38.

Меерович М., Шрагина Л. Технология творческого мышления : учебное пособие. 4-е изд., испр. и доп. Москва : Альпина Пабlishер, 2020. 506 с.

Никитин Е. П. Закон. Философский словарь / под ред. И. Т. Фролова. 7-е изд., перераб. и доп. Москва : Республика, 2001. С. 187–188.

О'Коннор Дж., Макдермотт І. Системне мислення. Пошук неординарних творчих рішень / пер. з англ. Н. Сисюк. Київ : Наш Формат, 2018. 237 с.

Первый семинар для разработчиков ТРИЗ — Петрозаводск-80. *Журнал ТРИЗ*. 1997. № 1. С. 19–28.

Перцовский Н. И. Маркетинг: краткий толковый словарь основных маркетинговых понятий и современных терминов. 4-е изд. Москва : Дашков и К°, 2018. 140 с.

Пистрый В. И. Культурно-психологические аспекты властных отношений. *Практична психологія в контексті культур* : збірник наукових праць / відп. ред. З. Г. Кісарчук. Київ : Ніка-Центр, 1998. С. 153–160.

Пропп В. Я. Морфология сказки. Москва : Наука, 1969. 168 с.

Рикер П. Метафорический процесс как познание, воображение и ощущение / пер. с англ. М. М. Бурас, М. А. Кронгауза. *Теория метафоры* : сборник статей ; под общ. ред. Н. Д. Арутюновой, М. А. Журиной. Москва : Прогресс, 1990. С. 416–434.

Родари Д. Грамматика фантазии. Введение в искусство придумывания историй. Москва : Прогресс, 1990. 187 с.

Розмаинский И., Холодилин К. История экономического анализа на Западе. *Библиотека Гумер – Экономика и менеджмент*. URL: http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Econom/rozm/intro.php

Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии / сост., авт. коммент. и послесл. А. В. Брушлинский, К. А. Абульханова-Славская. Санкт-Петербург : Питер, 2000. URL: <https://psylib.org.ua/books/rubin01/index.htm>

Степин В. С. Теоретическое знание. Москва : Прогресс-Традиция, 1999. 390 с.

Уайтхед А. Н. Избранные работы по философии / пер. с англ. ; общ. ред. и вступ. ст. М. А. Кисселя. Москва : Прогресс, 1990. 720 с.

Уемов А., Сараева И., Цофнас А. Общая теория систем для гуманитариев : учебное пособие. Warszawa : Universitas Rediviva, 2001. 276 с.

Урманцев Ю. А. Общая теория систем об отношениях взаимодействия, одностороннего действия и взаимонедействия. *Проблемы связей и отношений в материалистической диалектике* / отв. ред. В. С. Тютин; Институт философии Академии наук СССР. Москва : Наука, 1990. С. 101–137.

Шевчук С. Ф. Толерантність. *Велика українська енциклопедія*. 05.08.2021. URL: <https://vue.gov.ua/Толерантність>

Шрагина Л. И. Системное мышление в контексте психологии мышления и педагогики. *Вища освіта України*. 2012. № 1. Т. III. С. 241–246.

Шрагина Л. И., Бакуменко В. Д. Применение методов ТРИЗ-педагогики для активизации учебно-творческой деятельности студентов. *Психология в вузе*. 2009. № 4. С. 84–98.

Шрагина Л. И., Меерович М. И. Глобализация и личность в контексте законов развития искусственных систем. *Личность в межкультурном пространстве* : материалы VII Международной научно-практической конференции (г. Москва, 15–16 ноября 2012 года) : в 2-х т. / под общ. ред. А. Г. Коваленко. Т. 2. Москва : РУДН, 2012. С. 315–320.

Шрагіна Л. И., Меерович М. И. Поэтический образ как искусственная система. *Теоретичні дослідження у психології*: збірник статей / упоряд. В. О. Медінцев. Т. III. Харків : Монограф, 2018. С. 164–173.

Шрагіна Л. Технологія розвитку креативності. Київ : Шкільний світ, 2010. 160 с.

Шрагіна Л. І., Меєрович М. Й. Теорія розвитку штучних систем як методологія аналізу соціально-економічних проблем глобалізації. *Соціальні технології: заради чого? яким чином? і з яким результатом?* / наук. ред. В. І. Подшивалкіна. Одеса : ОНУ, 2015. С. 178–187.

Torrance, E. (1988). The Nature of Creativity as Manifest in Its Testing. *The Nature of Creativity* / ed. by R. Sternberg. New York : Cambridge University Press. P. 43–73.

Veblen T. The Theory of the Leisure Class: An Economic Study of Institutions. New York : The Macmillan Company, 1899. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/veblen-the-theory-of-the-leisure-class-an-economic-study-of-institutions>

ПЕРЕДМОВА	4
Від авторів. Системне мислення: потреби й проблеми	8
Вступ. Випереджувальна педагогіка: завдання й можливості	13
Частина I Функційно-системний підхід і його інструменти	19
Розділ 1. Системне мислення й методи його формування	20
Розділ 2. Системний підхід як методологія	25
Розділ 3. Розвиток системи освіти в контексті функційно-системного підходу	36
Розділ 4. Установлюємо причиново-наслідкові зв'язки: проблема Робінзона	47
Розділ 5. Вивчаємо системи в розвитку: генетичний аналіз технічної системи	61
Розділ 6. Від системного аналізу проблеми — до пошуку її розв'язку: етапи побудови алгоритму розв'язування проблемних ситуацій	77
Проблема 1. Лампа Бабакіна.....	79
Проблема 2. Голка для хірургічних операцій.....	82
Проблема 3. Радіостанція для альпіністів.....	85
Проблема 4. Про температуру хімічного розчину.....	89
Розділ 7. До ідеального кінцевого результату: пошук ресурсів усередині системи	100
Проблема 1. Мішалка для розтопленої сталі.....	102
Проблема 2. «Ідеальна пральня».....	108
Розділ 8. Вчимося мислити системно	115
8.1. Алгоритм системного мислення.....	113
8.2. Формуємо системне мислення.....	116
8.2.1. Пошук спільних ознак.....	116
8.2.2. «Третій — зайвий!» (вилучення зайвого поняття).....	119

8.2.3. Пошук аналогів: вчимося системно порівнювати	121
8.2.4. Пошук протилежного об'єкта.....	122
8.2.5. Моделюємо творчий процес: ці три слова — обов'язкові!.....	123
8.2.6. Вчимося ставити запитання системно.....	126
8.2.7. Пошук можливих причин.....	131
8.2.8. Думки іншими словами.....	132
8.2.9. Діагностика розвитку системності мислення..	133
8.3. Вчимося формулювати визначення понять.....	135
8.3.1. Алгоритм визначення штучних об'єктів.....	135
8.3.2. Алгоритм визначення багатозначних понять..	137
8.3.3. Парадоксальне визначення понять (констру- ювання оксиморона).....	144
8.3.4. Метафоричне визначення понять.....	150
8.4. Створення поетичного образу як штучної системи...	154
Частина II Системний підхід у технічних системах.....	159
Розділ 9. Природа фізичної суперечності.....	160
Проблема 1. Про технічний водопровід.....	161
Проблема 2. Про залютування ампул.....	172
Проблема 3. Про вентиляцію бурту бавовни.....	178
Розділ 10. Закони природи й принцип дії системи.....	194
Трохи фізики, трохи хімії.....	194
...і трохи геометрії.....	215
Розділ 11. Від ідеї — до конструкції: створення цілісного образу.....	226
Проблема 1. Про встановлення радіоелектронних елементів на друкарській платі (завдання Горчакова)..	227
Проблема 2. Центрифуга Подойніцина.....	234
Проблема 3. Примхлива гойдалка.....	237

Проблема 4. Про виїдене яйце.....	241
Проблема 5. Про ринву.....	242
Проблема 6. Про герметизацію кабіни стратостата.....	242
Розділ 12. Закони розвитку технічних систем: учимося прогнозувати.....	244
Частина III Від ТРВЗ — до ТРШС.....	265
Розділ 13. Соціально-економічні проблеми глобалізації в контексті законів розвитку штучних систем.....	266
Розділ 14. Розвиток науки як штучної системи.....	273
Розділ 15. Системний аналіз конфлікту: чи можлива толерантність?.....	281
Розділ 16. Про поняття «гідна мета» в життєтворчості.....	293
Висновок	298
Додаток. Алгоритм розв’язування проблемних ситуацій (АРПС).....	301
СКОРОЧЕННЯ	305
ЛІТЕРАТУРА	308
ЗМІСТ	312

Навчально-практичне видання

Меєрович М. Й., Шрагіна Л. І.

Технологія формування системного мислення.
Практичний посібник — 2024 р.

Підписано до друку 08.09.2024 р.

Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Calibri
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 18,6. Наклад 50 прим.
Зам. № 1809/2

Надруковано з готового оригінал-макета у друкарні «Апрель»

ФОП Бондаренко М. О.

65045, м. Одеса, вул. В. Арнаутська, 60

Тел.: +38 (048) 703 11 86

info@aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014