

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

**Паламарчук І.П., Крашаков І.С., Гудзенко М.М., Василів В.П.,
Слободянюк Н.М.**

Моделювання біотехнічних систем харчових і переробних виробництв

Монографія

**За редакцією доктора технічних наук, професора
І.П. Паламарчука**

Київ – 2025

УДК 631; 519.21:664:67.05(075.8)

*Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Національного університету
біоресурсів і природокористування України (Протокол № 4 від 22 жовтня 2025 року)*

Рецензенти:

Штефан Є.В., доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Шутюк В.В., доктор технічних наук, професор Національного університету харчових технологій;

Лопатько, доктор технічних наук, професор Національного університету біоресурсів і природокористування України

**Паламарчук І.П., Крашаков І.С., Гудзенко М.М., Василів В.П.,
Слободянюк Н.М.**

Моделювання біотехнічних систем харчових і переробних виробництв
[Монографія] / За ред. проф. І.П. Паламарчука. – Київ : ТОВ «КОМПРИНТ»,
2025. – 320 с.

ISBN 978-617-8718-40-4

Монографія містить методи формування структури технічної та технологічної системи у біотехнічну систему, удосконалені та розроблені основні положення «квантової механіки», теорії рішення винахідницьких завдань, які дозволили представити в аналітичному та геометричному вигляді моделі сучасних машин та апаратів, машин та механізмів переробних і харчових виробництв. Результатом таких досліджень стали розробка періодичної таблиці систем, яку разом із таблицею типових функцій систем конкретного призначення можна використовувати як програму досліджень для розробників конкретних технічних та біотехнічних систем; вирішення завдання прогнозування ефективного шляху розвитку даних структур, що обґрунтовує та забезпечує їм еволюційність та тенденції розвитку; вирішення проблеми вимірювання функціональних технічних, біотехнічних та біологічних рівнів досконалості матеріальних об'єктів техніки, оцінки технічних систем при врахуванні впливу технологічних середовищ; відкрила нові методи моделювання біотехнічних систем та їх структурних складових. Розроблений метод рангової кількісної оцінки технічних об'єктів та патентних рішень стратегічно дозволяє передбачити властивості майбутніх наукових ідей; що полегшує, ефективно спрямовує та координує роботу конструкторів та дослідників.

Посібник призначений для магістрантів, аспірантів і наукових співробітників, здобувачів наукових ступенів із технічних наук; рекомендований студентам спеціальності 181 «Харчові технології» для опанування дисциплін «Інформаційні технології та математичне моделювання», «Процеси і апарати харчових виробництв», «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв», «Оптимізація виробничих процесів»; також може бути використаний для підготовки студентів за спеціальностями: 162 «Біотехнологія та біоінженерія», 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування».

УДК 631; 519.21:664:67.05(075.8)

© Паламарчук І.П., Крашаков І.С., Гудзенко М.М., Василів В.П., Слободянюк Н.М.

© НУБіП України

ISBN 978-617-8718-40-4

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ПЕРЕДМОВА	8
Розділ 1. Основні складові та поняття біотехнічних систем	14
1.1 Поняття системи та її основних складових	14
1.2 Структура технічної та технологічної системи	15
1.3 Аналіз об'єктів та предметів досліджень	21
1.4 Поняття рівня біотехнічної системи	31
1.5 Передпосилання до вирішення проблеми	36
Розділ 2. Систематизація біотехнічних систем	38
2.1. Геометричні моделі пристроїв.....	38
2.2 Закон кількісної обмеженості системи	40
2.3 Класифікація елементарних пристроїв механіки	44
2.4 Логіко-математична модель системи.....	46
2.5 Код, ранг та технічний рівень системи.....	49
2.7 Періодична таблиця систем	54
2.8 Багатоланкові системи	62
2.9 Періодичний закон систем.....	69
Розділ 3. Основи теорії «квантової механіки» біотехнічних систем	73
3.1. Основні закони та закономірності теорії біотехнічних систем	73
3.1.1 Закон квантового розмаїття систем.....	73
3.1.2 Прогнозування властивостей елементів біотехнічних систем	76
3.1.3 Експериментальне підтвердження системи прогнозування	80
3.1.4 Основні теоретичні засади розроблюваного методу моделювання	82
3.1.5 Алгоритм розрахунку технічного рівня	86
3.2 Вступ у теорію рішення винахідницьких завдань.....	90
3.2.1. Сутність методу аналізу	90
3.2.2. Основи репольного аналізу	92

3.2.2.1. Основні ланки системи та особливості їх взаємодії	92
3.2.2.2. Правила синтезу реполів та принципи вирішення завдань ...	94
3.2.2.3. Руйнування реполів	98
3.2.3. Формулювання винахідницького завдання	102
3.2.3.1. Приклад докладного завдання або ситуації	102
3.2.3.2. Алгоритм вирішення винахідницьких завдань	103
3.2.3.3. Основні узагальнення теорії винахідницьких рішень.....	112
3.3. Вступ у теорію біоконверсії.....	113
3.3.1. Ланцюги живлення.....	113
3.3.2. Енергетична цінність продуктів	115
3.3.3. Коефіцієнт біоконверсії	117
3.3.4. Коефіцієнт корисної дії фотобіосинтезу	126
3.3.5. Відбір рослин у культурі	128
3.3.6. Генна інженерія	131
3.3.7. Первинні консументи.....	132
3.3.8. Епідемії, пандемії, епізоотії, епіфітотії	134
3.3.9. Саморегуляція організмів.....	137
3.3.10. Депонування біоенергії.....	138
3.3.11. Симбіоз	143
3.3.12. Культурні пасовища	144
3.3.13. Консервування кормів	146
3.3.14. Безвідходність ферм.....	148
Розділ 4. Математичне моделювання біотехнічних систем.....	151
4.1. Моделювання систем отримання цільномолочної продукції	151
4.1.1. Основні параметри процесу	151
4.1.2. Обґрунтування типорозмірного ряду систем доїння.....	154
4.1.3. Обґрунтування числа підсистем	156
4.1.4. Моделювання біотехнічної системи з отримання цільномолочної продукції ручним способом	161
4.1.5. Моделювання біотехнічної системи «Стійлова машинна система	

доїння ДАС-2»	162
4.1.6. Сімейство конкуруючих доїльних систем	163
4.2. Моделювання біотехнічних систем для подрібнення м'ясопродуктів	165
4.2.1. Моделювання біотехнічної системи «Двоплечий важіль»	165
4.2.2. Моделювання біотехнічної системи «Ручна м'ясорубка».....	166
4.3. Розвиток транспортно-технологічних біотехнічних систем	167
4.3.1. Протиріччя між транспортним та технологічним рухом при реалізації поточного процесу обробки.....	168
4.3.2. Вібромеханічна інтенсифікація конвеєрних біотехнічних систем	171
4.3.3. Моделювання біотехнічної системи «Транспортний засіб з ручним приводом»	183
4.3.4. Моделювання біотехнічної системи «Транспортний засіб з приводним двигуном внутрішнього згорання».....	184
4.4. Моделювання процесів харчових виробництв	188
4.4.1. Моделювання біотехнічної системи «Холодильна машина	188
4.1.4. Моделювання біотехнічної системи «Теплохолодильна машина ТХУ-14».....	189
4.1.5. Моделювання біотехнічної системи «Завод протеїнового зеленого концентрату».....	189
4.5. Математичне розв'язання «Антиномії Рассела 1902 року»	190
4.5.1. Поняття антиномії Рассела.....	190
4.5.2. Вихідні дані через складові біотехнічних систем до вирішення антиномії Рассела	191
4.5.3. Склад множин в антиномії Рассела	194
4.5.4. Геометрична модель перукарні Рассела в режимі очікування клієнта.....	197
4.5.5. Висновки до вирішення антиномії Рассела 1902 року	200
Розділ 5. Моделювання біотехнічних систем при використанні теорії надійності	202
5.1. Оцінка зовнішніх параметрів середовищ в умовах харчових і	

переробних виробництв	202
5.1.1. Основні чинники, що зменшують параметри надійності процесів і обладнання для переробки сільськогосподарської сировини	202
5.1.2. Бурякоцукрові переробні виробництва	205
5.1.3. Олієжирові виробництва	207
5.1.4. М'ясопереробні виробництва.....	208
5.1.5. Молокопереробні виробництва.....	209
5.1.6. Хлібопекарські виробництва	211
5.1.7. Крохмале-патокові виробництва	212
5.2. Основи теорії надійності	212
5.2.1. Стани технічної або біотехнічної системи	212
5.2.2. Моделювання послідовних систем.....	215
5.2.3. Оцінка резервованих біотехнічних систем.....	216
5.2.4. Моделювання паралельних систем	220
5.2.5. Моделювання комбінованих систем	222
5.3.Складання моделі відмов технічної системи	225
5.3.1. Основні параметри моделі відмов	225
5.3.2. Зв'язок між ступенем пошкодження і вихідними параметрами виробу	227
5.3.3. Модель формування відмов технічної системи	229
5.3.4. Модель формування поступової відмови виробу	231
Розділ 6. Оцінка енергоефективності біотехнічних систем.....	242
6.1. Енергоефективність галузей виробництва та переробки сільськогосподарської продукції.....	242
6.1.1. Критерії ефективності енерговитрат у тваринництві	242
6.1.2.Критерій енергоємності подрібнювачів кормів	247
6.2. Технічний прогрес у технологіях.....	257
6.2.1.. Ефективність технічного прогресу.....	257
6.2.2. Критерій прибутку за впливу технічного прогресу.....	261
6.3. Енергозберігаючі технології.....	269

6.3.1. Альтернативні джерела енергії	269
6.3.2. Геліоколектори та геліосушарки	271
6.3.3. Геліоводопідйомна та опріснювальна установка.....	279
6.3.4. Вітрогеліотеплопостачання будинку	285
6.3.4.1. Геліоводонагрівач ГВП-20.....	286
6.3.4.2. Теплоутилізаційні установки.....	289
6.3.5. Цех із вирощування мікроводоростей.....	291
6.3.6. Завод із заготівлі протеїнових зелених концентратів (ПЗК)	295
6.3.7. Устаткування для безкисневого зберігання кормів	298
6.3.8. Конвеєрні доїльні установки.....	298
6.3.9. Бродильна установка.....	301
6.4. Аналіз основних організаційно-технологічних заходів підвищення надійності виробничих структур.....	304
6.4.1. Способи зменшення інтенсивності відмов	304
6.4.2. Скорочення часу безперервної роботи об'єктів для підвищення надійності	306
6.4.3. Вплив резервування на надійність	306
6.4.4. Зменшення часу відновлення дієздатного стану систем.....	308
6.4.5. Оцінка ефективності систем за теорією надійності.....	309
6.4.6. Економічні показники надійності.....	311
Загальні висновки.....	313
Література	316

ПЕРЕДМОВА

Аналіз, структуроутворення та прогнозування тенденцій розвитку біотехнічних систем передбачає у якості предмета досліджень використання як технологічних машин та апаратів, так і людини, що здійснює керування процесами та технологіями; а також об'єктів обробки у вигляді сировини рослинного та тваринного походження, напівфабрикатів та готової продукції харчового та переробного виробництва. Тому об'єктами дослідження даної монографії можна вважати процеси та технології з переробки продукції агропромислового комплексу, особливістю яких є різноманіття фізико-механічних, біохімічних, фізичних та фізико-хімічних, морфологічних та структурних характеристик сільськогосподарської продукції, що формує особливості технічної та технологічної експлуатації та відповідні вимоги до надійності машин для їх обробки. Дослідження таких біокомплексів зумовило застосування та розробку у монографії положень теорії «квантової механіки», теорії ймовірності та надійності. Обґрунтовані теоретичні положення дають розвиток творчості та винахідництву, що при допомозі законів квантової механіки уможлиблює їх прогнозування. Необхідність реального технологічного застосування аналітичних розробок стосовно моделювання біотехнічних систем змусило провести дослідження проблем та перспектив формування біоконверсії, розвитку біоенергетичних технологій. Саме така послідовність лежить в основі представленої монографії.

Основи структуроутворення технологічних базуються на елементах та положеннях «квантової механіки», що були закладені у 70-ті роки минулого сторіччя Альтшуллером Г.С., який розробив алгоритм винаходу, що отримало продовження у роботах Кедрова Б.М., а далі – і у працях Саломата Ю.П.; Василенком П.М., який відзначився розробкою та побудовою математичних моделей машинних агрегатів. Прогнозування властивостей

систем та їх елементів дає можливість ефективно сформулювати та реалізувати винахідницьку задачу при вдосконаленні систем, що полегшує творчий процес розробників нової техніки і робить цей процес цілеспрямованим з мінімізацією втрат часу на перебір випадкових ситуацій творчих пошуків. На випадковий перебір іноді не вистачає життя винахідника чи навіть цілого покоління винахідників.

Лур'є А.Б., Давідсон Є.І., Ванге А.М., Дубровський Б.Ц. обґрунтували статистичні методи побудови математичних моделей машин, що дозволило удосконалити оцінку автоматичних систем управління технологічними процесами. У 80-ті роки Артоболевський І.І. розробив довідниковий комплекс машин та механізмів у 7 томах; Дубов Ю.А., Травкін С.І., Якимець В.М. розробили цілий комплекс багатокритеріальних моделей формування та вибору варіантів систем. Узагальнили дані дослідження Чус А.В., Данченко В.М., Половінкін А.І., що дало можливість їм розробити основи інженерної та технічної творчості.

Розвитком даних досліджень у 90-х роках стали роботи Крашакова І.С., що упорядкував теорію елементарних біотехнічних систем, на основі якої здійснив оцінку доїльних систем за рангами та матрицею винаходів, обґрунтував функціональну досконалість сільськогосподарських біотехнічних систем. «Квантова механіка» біотехнічних систем фактично дозволила вирішити одне з найважчих математичних завдань 20 сторіччя, а саме, «антиномію Рассела 1902 року», розв'язання якої вже свідчить та передбачає необхідність розробки принципово нових теорій, підтверджуючи ознаки абсолютної новизни розробленої «квантової механіки біотехнічних систем».

На етапі проектування нових біотехнічних систем закладається їх надійність вибором оптимальної конструкції машини та її вузлів, застосовуваних матеріалів, нівелюванням шкідливої дії процесів зношування, корозії та втоми; якістю нових структурних складових

системи та складанням вузлів з подальшим контролем відповідності нормативним характеристикам. Так вже у новому другому тисячоріччі моделювання біотехнічних систем набуло розвитку у наукових працях Сухенка Ю.Г. та Паламарчука І.П. при використанні теорії надійності, теорії ймовірності та математичної статистики, що дозволило розробити нові моделі якості продукції, процесів харчових і переробних виробництв, зокрема, за вібромеханічної їх інтенсифікації; визначити критерії конструктивно-технологічної досконалості біотехнічних систем на прикладі транспортно-технологічних машин з віброхвильовим рушієм.

Оцінка досконалості біотехнічних систем та у перспективі тенденції її розвитку були запропоновані у монографії на основі положень «квантової механіки». Так реальні системи обмежені за кількістю варіантів своєї досконалості всього за двома параметрами: числу (S) функцій у ланках і числу (R) ланок у системах, що відкриває шлях до абстрактної ідентифікації систем. У роботі був запропонований у якості критерію розпізнання матеріальних об'єктів як систем *ранг* функціональної досконалості систем незалежно від їх призначення. Таким чином, ранг систем виконує функції прямого кількісного критерію досконалості, що не залежить від таких факторів експерименту як кваліфікація персоналу, якість виготовлення об'єктів, вартість оплати праці, ціна енергії, ймовірність у змінах фізичних властивостей клієнта та інших факторів; які нерідко спотворюють оцінку системи або нівелюють її результат. *Технічний рівень* у розробленій «квантовій механіці» біотехнічних систем являє собою варіант функціонального етапу досконалості систем, що можна віднести до штучно виготовлених об'єктів техніки. Розроблена теорія дозволила вирішити проблему абстрактного вимірювання технічних рівнів рукотворних та природних систем.

Однокритеріальний ранговий метод аналізу конкуруючих машин і систем є достатньо простим у функціонуванні та реалізації, дешевим при

здійсненні; здатним охопити будь-яку чисельність конкуруючих об'єктів, включаючи нереалізовані технічні рішення щодо патентів; показує високі техніко-економічні характеристики при застосуванні за термінами, якістю, матеріальними витратами у порівнянні з усіма методами багатокритеріальних оцінок. Метод рангової кількісної оцінки технічних об'єктів та патентних рішень стратегічно дозволяє передбачити властивості майбутніх технічних рішень, що впорядковує, полегшує та ефективно спрямовує та координує роботу конструкторів та дослідників. Економічний ефект застосування однокритеріального рангового порівняння таких конкуруючих об'єктів техніки, як доїльні системи, становив 7,5 млн. доларів.

Було доведено, що така оцінка може бути застосована до будь-яких складних систем, які зводяться до елементарної абстрагованої їх формі уявлення та навпаки. Зведення здійснюється послідовним синтезом моделі системи у порядку ієрархічної залежності та функціональної ролі ланок. За цим же алгоритмом синтезу та аналізу представляються чотириланковими всі ланки, їх підсистеми та підсистеми підсистем усіх рівнів і навпаки, включаючи надсистеми всіх рівнів. Розроблена «квантова механіка біотехнічних систем» може бути використана для біотехнічних систем з будь-якими зв'язками ланок, зокрема, жорсткими, рухливими, гнучкими і навіть вільними; а також для інших систем, що моделюються за логіко-математичною структурою біотехнічних систем.

Структурування систем за положеннями «квантової механіки» дозволило розробити періодичну таблицю систем, яку разом із таблицею типових функцій систем конкретного призначення можна використовувати як програму досліджень для розробників конкретних технічних та біотехнічних систем. «Періодичний закон біотехнічних систем» є аналогом «періодичного закону елементів Д.І. Менделєєва» і визначає квантовість зміни властивостей ланці по $7\varphi^{-1}$ одиничних рангів з періодом $7\varphi^{+1}$ змін між

ланками, отже й у системах, залежно від порядкового номера системи та ланки.

Наступним важливим застосуванням розроблених положень виявилось вирішення завдання прогнозування ефективного шляху розвитку біотехнічних систем. Складні системи з будь-яким числом ланок абстрактно оцінюються за алгоритмом оцінки елементарних систем, так як вони складаються із набору стандартних абстрагованих блоків, що є еквівалентні блокам елементарних чотириланкових систем, що обґрунтовує їх розвиток та забезпечує їм еволюційність або тенденції розвитку досконалості. При цьому була доведена теоретична межа чисельності пристроїв, що відрізняються числом ланок та ступенями вільностей або функцій.

За теорією «квантової механіки» біотехнічні системи мають різні можливості розвитку: а) *еволюційний шлях* за рахунок сприйняття одиничних функцій нижчих ланок з передачею їх квантами вищим ланкам по 1, 7, 49, 343, 2401 ... рангів; б) *революційний шлях* за рахунок найбільш короткого шляху розвитку вектором прогресу квантами по 8 і 400 рангів; в) *квантовий шлях* утворення нових ланок (R); г) передача функцій у надсистему. Технічний рівень системи визначає поетапний еволюційний розвиток об'єктів поєднанням чисел функцій за числами ланок з урахуванням квантової передачі кількісних змін у якісні від нижчих або ведених ланок до вищих або провідних ланок «оператора» на заданому рівні окремих систем або надсистем. У свою чергу, розроблена «періодична таблиця систем» визначає як класифікаційні ознаки та періодичну повторюваність властивостей ланок, так і варіант упорядкованості еволюційного перебігу розвитку низки систем.

Таким чином, «квантова механіка» біотехнічних систем вирішила фундаментальні наукові задачі в основах технічних наук, а саме, проблему вимірювання функціональних технічних, біотехнічних та біологічних рівнів досконалості матеріальних об'єктів техніки та природи, як систем реального

світу; обґрунтувала ефективні напрями розвитку як технічної творчої думки, так і технічного розвитку машин та апаратів, механізмів та вузлів; відкрила нові методи моделювання біотехнічних систем та їх структурних складових.

Розділ 1. Основні складові та поняття біотехнічних систем

1.1 Поняття системи та її основних складових

Основним об'єктом дослідження даного навчального посібника є система та її елементи, що функціонують у харчових і переробних виробництвах. Загальна теорія системи стверджує, що будь-який об'єкт може бути представлений у вигляді системи.

Система (від грец. systema - ціле, складене з частин; з'єднання) являє собою сукупність елементів, що знаходяться між собою у взаємних відносинах і зв'язках, утворюючи певну цілісність або єдність" [1].

Під ланкою системи можна розуміти простий або складний об'єкт (механізм, «поле», машина, живий організм, речовина тощо), що здійснює у складі системи одну або декілька спеціальних функцій. Функція системи не зводиться до функцій будь-якої ланки [1].

Елемент ланки - однакові або різні об'єкти, що складають у цілому ланку системи. У ланці може бути безліч однакових елементів.

Підсистема - це відносно самостійний об'єкт, що входить до складу системи або зв'язку і виконує особисті нові функції.

Підсистеми можна ґрадувати за рівнями, кількість яких теоретично може бути досить великим: від макрокосмосу до мікросвіту, який вимірюється елементарними частинками, наприклад, молекулами та атомами. Стосовно показаної вище структури ланка системи становить підсистему першого рівня. Об'єкти, що входять до складу ланки, є підсистемами другого рівня; складові елементу ланки – підсистеми третього рівня, що теоретично можна продовжувати до нескінченності.

Тому під рівнем підсистеми можна вважати цілочисленне позначення одного з безлічі послідовних етапів поділу системи на окремі підсистеми (об'єкти), що виконують визначені їм функції. Чим більше число рівня, тим більш докладно аналізується або досліджується система. Підсистеми з

меншим номером (числом) рівня відносяться до верхніх підсистем, а з більшими - до нижніх. Схематичне позначення системи, що складається з підсистеми, має вид зрубаного і «перевернутого дерева»: зверху стовбур, нижче гілки, сучки, листя тощо.

Надсистема - це окрема система, в яку входить досліджувана система. Функціональні машини у складі системи входять опосередково та одночасно у надсистему, наприклад, у структурні рівні своїх підприємств і т.д. Надсистеми структурно входять до космосу, а підсистеми - до деталей, речовин, молекул, атомів.

Існує загальна теорія систем, а в її рамках спеціальні теорії в кібернетиці, системотехніці, системному аналізі та інших галузях. **Абстрактні** системи є продуктом мислення: наукові знання, лінгвістика, логіка тощо. **Матеріальні** системи містять органічні та неорганічні елементи, живі та умовно живі організми, індивідуальні та соціальні об'єкти, технічні та біотехнічні структури.

Очевидно, що градація на технічні та біотехнічні структури зумовлюється специфікою процесів, які реалізуються при функціонуванні системи.

Біотехнічні системи за типом ланок та їх розташуванням у структурі поділяються на 16 видів, які різняться за аббревіатурою. Так виключно технічні, фізичні та хімічні види позначаються у вигляді ТТТТ, а біологічні – ББББ. Змішані види систем називають біотехнічними, що позначаються ще 14 видами аббревіатур: БТТБ, БТТТ, ТББТ тощо [2, 3, 4].

1.2 Структура технічної та технологічної системи

У загальному під **технічною системою** можна розуміти сукупність спільно взаємодіючих об'єктів або елементів системи, які призначені для виконання заданих функцій. Для складних систем дані функції можуть бути

розгалужені за певними напрямками, тому доцільно у межах системи виділяти окремі сукупності, що відповідають за їх функціонування. Такі структурні осередки, що виділяються за функціональною або технологічною ознаками та відповідають більш низькому організаційному рівню порівняно із основною технологічною системою, називають **підсистемою** технологічної системи. У харчових та переробних виробництвах у якості таких структурних складових можна відзначити механізовані або автоматичні системи керування технологічними процесами, двигун, гомогенізатор, компресор, холодильник, дифузійний апарат, комп'ютерне забезпечення тощо.

Формування системи у стійку структуру забезпечують типові елементи, які узгоджено функціонують для реалізації необхідних завдань. Серед таких елементів можна відзначити наступні (рис.1.1) [5]. Найбільш простою є *технічна ланка*, що являє собою деталь або сукупність деталей, які жорстко з'єднані між собою та рухаються, як одне ціле. Рухоме сполучення двох ланок, що дотикаються, складають *кінематичну пару*. Сукупність кінематичних пар, взаємне функціонування яких забезпечують здійснення певного механічного руху, називають *з'єднанням*. Прикладами останніх є роз'ємні та нероз'ємні структури у вигляді різьбового, штифтового, зварного, заклепочного та інших сполучень. Для реалізації та підтримання заданих технологічних режимів необхідно об'єднання вказаних сполук у більш автономні та самостійні структури, які можна назвати *механізмами*. Дані структури за рівнем організації можна віднести до підсистем. Прикладами таких підсистем слугують механічні передачі, наприклад, пасова, зубчаста, ланцюгова, стрічкова або їх сукупність у вигляді редуктора, варіатора, скриньки зміни швидкостей тощо. Самостійна в організаційному плані сукупність механізмів та різних підсистем, що забезпечують ефективну роботу для зміни властивостей об'єкта обробки, може складати технологічне обладнання у вигляді машини, агрегату або

апарату. У харчових технологіях машина здійснює певний вид обробки сировини, напівфабрикатів або продукції. Агрегат як самостійна структурна складова має властивість приєднуватися до інших підсистем або систем з метою розширення функціоналу обробки. Апарати характеризуються тим, що у процесі обробки певного об'єкта впливу відбувається якісна зміна його властивостей, зокрема, супроводжується зміною агрегатного стану харчової сировини у процесах сушіння, екстрагування, ректифікації тощо.

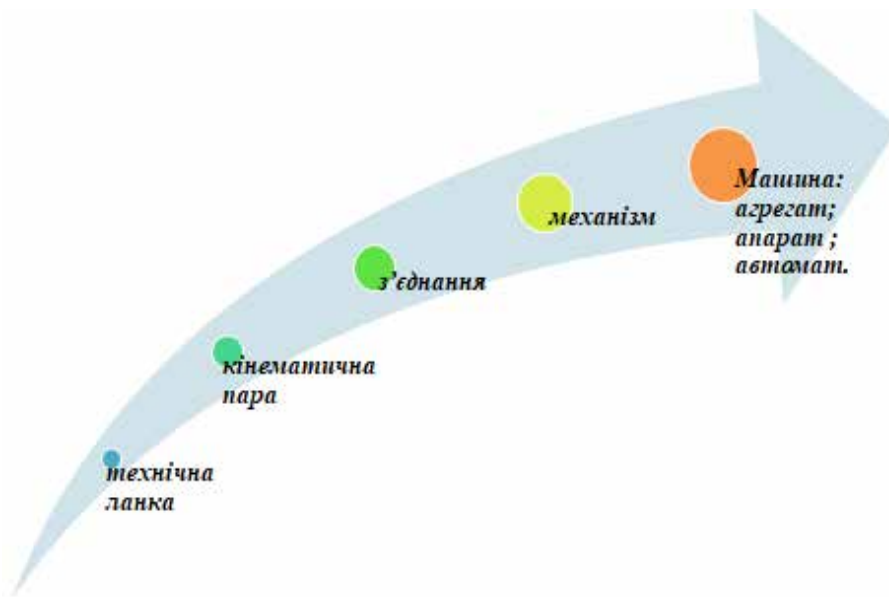


Рис.1.1. Основні структурні складові технічної системи

Такі структурні утворення мають рівень технічних систем, які призначені для цілеспрямованої зміни механіко-фізичних або хімічних властивостей об'єкта впливу з метою виконання корисної роботи (зокрема, заміни ручної праці людини на механічну) шляхом перетворення одного виду енергії в інший (зокрема, теплової, електричної енергії у механічну та інші її види), тобто *перетворення речовини, енергетичних умов процесу, інформації*.

Для формування виробничої значущості таких змін необхідно врахувати їх технологічні аспекти. Межі та способи реалізації таких змін,

послідовність операцій або процесів, рухів, перетворень, їх взаємодія та особливості визначають **технології обробки**. Цілеспрямовану зміну фізико-механічних та біохімічних властивостей сировини з метою отримання продукції із заданою споживчою вартістю або її підтримання протягом необхідного терміну часу здійснюють **процеси переробки**. Таким чином, постає необхідність оперування більш широким структурним формуванням, що являє собою сукупність функціонально взаємопов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для здійснення заданої обробки у регламентованих умовах виробництва певних технологічних процесів або операцій. Такі структури мають більш високий рівень організації, що можна характеризувати як **технологічну систему** (рис.1.2).



Рис.1.2. Поняття технічної та технологічної системи

Результатами функціонування технічних або технологічних систем досліджуваної галузі харчових виробництв можна оцінювати, як кількісно, так і якісно (рис.1.3).

Функціонування технологічної системи передбачає реалізацію як основних операцій безпосереднього впливу на об'єкт обробки, так і допоміжних, що спрямовуються на власне забезпечення основного переробного процесу або виконання його з необхідними параметрами якості (рис.1.4).

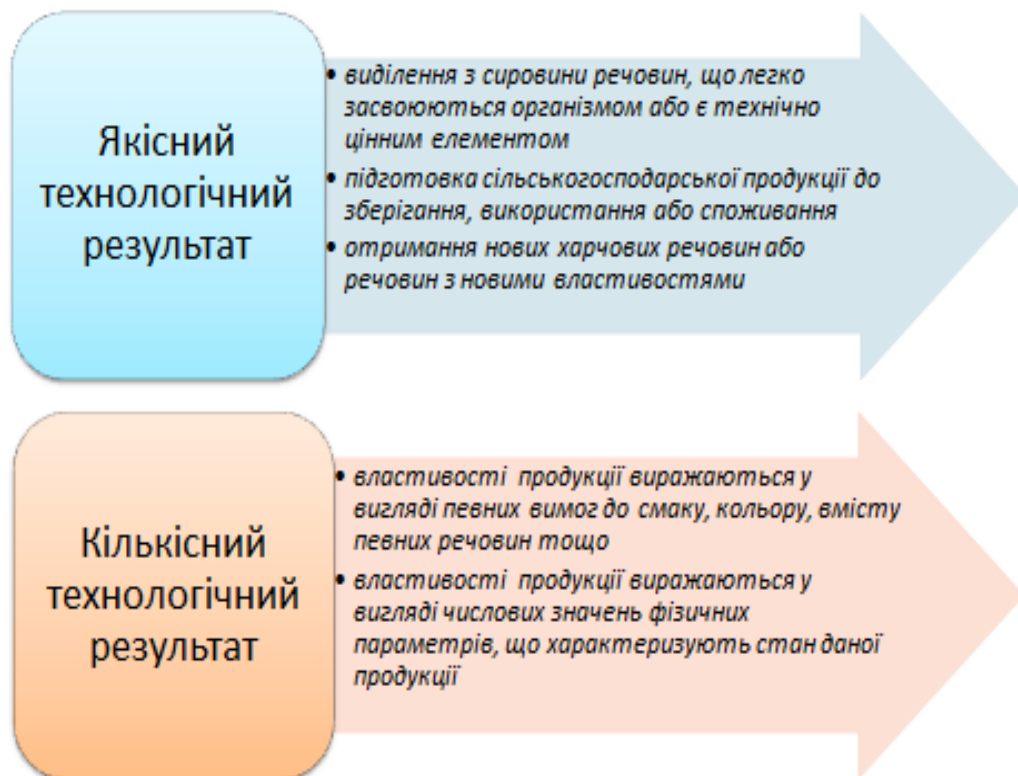


Рис.1.3. Результати функціонування технологічної системи у харчових виробництвах

Окрім того, будь-який вплив на продукцію з метою зміни її якісного стану зумовлює реалізацію так званого технологічного руху; у той час, як переміщення об'єкта обробки у робочій зоні або у технологічному просторі виробництва пов'язують із виконанням транспортного руху (рис.1.4). Саме взаємозв'язки технологічного та транспортного рухів переважно

забезпечують ефективність технологічної системи у цілому. Наприклад, зволоження продукції у процесі її міжопераційного транспортування дозволяє реалізувати технологічний рух у ході здійснення транспортного, що істотно поліпшує економічну ефективність обробки. Тому дані характеристики є необхідними елементами технологічної системи.



Рис.1.4. Властивості технологічного та транспортного рухів, як складових технологічної системи

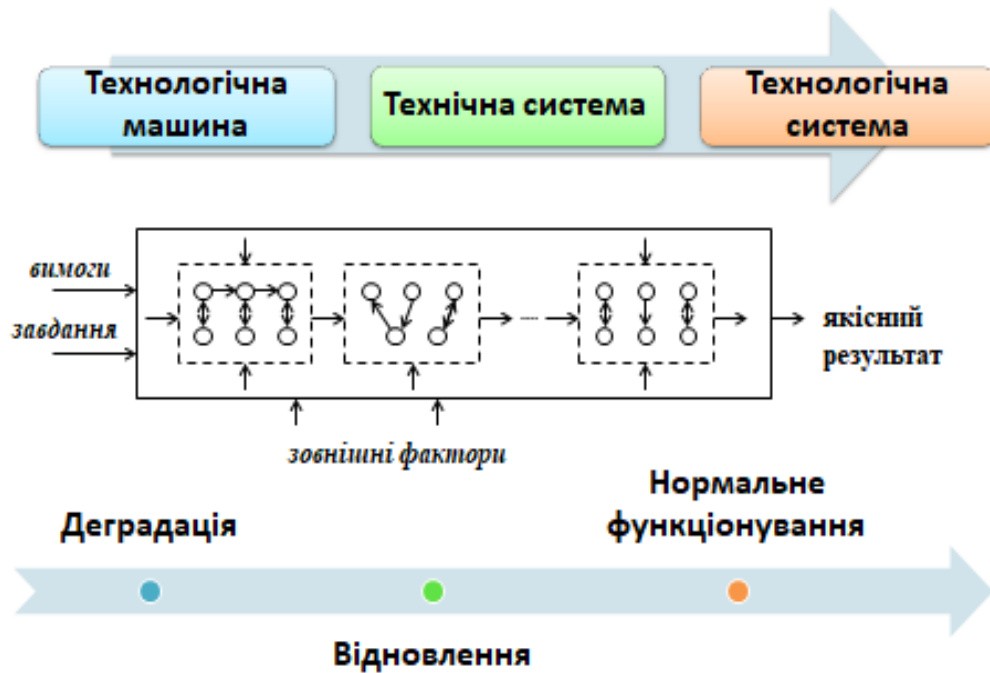


Рис.1.5. Технологічна система у вигляді моделі «чорного ящика»

Враховуючи основні функціональні зв'язки у технологічній системі, можна достатньо зручно представити її у вигляді моделі «чорного ящика» (рис.1.5), що ілюструє основні внутрішні та зовнішні впливи на систему, відновлення її роботоздатності у процесі функціонування.

1.3 Аналіз об'єктів та предметів досліджень

До основних об'єктів для оцінки стану та побудови моделей якісних та кількісних характеристик були обрані процеси, обладнання та сировину переробних і харчових виробництв.

Сутність процесу переробки є спрямована зміна фізико-хімічних властивостей вихідної сировини з метою отримання продукту із заданою споживчою вартістю або підтримання даної якості протягом потрібного терміну часу. Кінцевим результатом переробної технологічної дії є виділення з сировини речовин, що легко засвоюються організмом або є технічно цінним елементом; підготовка сільськогосподарської продукції до

зберігання, використання або споживання; отримання нових харчових речовин або речовин з новими властивостями. В якісному відношенні властивості продукції харчових і переробних виробництв виражаються у вигляді певних вимог до смаку, запаху або кольору, а в кількісному відношенні – у вигляді числових значень фізичних параметрів, що характеризують стан даної продукції.

За технологічними аспектами можна відзначити процеси:

- підготовки сировини до переробного процесу (миття, очищення поверхневого покриття, попередня теплова обробка (обшпарування, бланшування), реалізація транспортних між операційних процесів;
- первинна переробка продукції (відокремлення шкіри, видалення щетини, оперення, волосу, грубий розтин туш та їх нутрування, пензеловка та шлямнування кишок, обробка субпродуктів);
- переробка сировини з метою отримання напівфабрикатів (подрібнення, обробка тиском, перемішування, розділення на фракції, теплова обробка, сушіння та зволоження);
- отримання готової продукції на технологічних лініях;
- зберігання сировини напівфабрикатів та готової продукції (консервація та охолодження).

За фізичною сутністю можна розділити процеси харчових і переробних виробництв на такі:

1. механічні, в основі яких є механічна дія на продукт, а рушійною силою служать сили ваги, інерції, механічного тиску;
2. гідродинамічні, при реалізації яких має місце рух в рідких, газо- видних та дисперсних системах, а рушійною силою гідростатичний та гідродинамічний тиск;
3. теплові, здійснення яких пов'язане із зміною теплового стану середовища, а рушійною силою є різниця між температурами різних середовищ;

4. масообміні, основою яких є дифузія певної речовини між фазами, а рушійна сила – різниця концентрацій речовин у різних фазах порівняно із рівноважними їх величинами.

Враховуючи достатньо велике різноманіття сільськогосподарської сировини, напівфабрикатів та готової продукції, можна їх систематизувати залежно від їх основних властивостей (рис.1.6), зміна яких є істотним важелем при визначенні стану об'єкта оцінки.

Розглядаючи структуру досліджуваних виробництв, прослідковуються наступні його елементи, що забезпечують їх перебіг та ефективне застосування.

Технологічний процес являє собою частину виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії для зміни властивостей предметів виробництва або об'єктів обробки до необхідного стану, наприклад, до стану кулінарної готовності; для поточної та кінцевої оцінки їх стану.



Рис. 1.6. Систематизація предметів оцінки

Представлений виробничий процес структурно містить технологічні та допоміжні операції. Технологічні операції здійснюють безпосередню дію на об'єкт, який обробляється. Допоміжні операції підготовлюють і

забезпечують протікання окремих стадій технологічних операцій, наприклад, транспортні, завантажувально – розвантажувальні та інші операції. За показаними складовими *технологічний процес* - це перелік послідовних робочих операцій для отримання продукту заданої кількості та якості.

Ефективність реалізації виробничих процесів залежить від чіткого нормування експлуатаційного часу за певними циклами, серед яких відзначають технологічний, робочий та кінематичний.

Технологічний цикл складає час, протягом якого здійснюється обробка продукту в машині (t_t). Робочий цикл реалізується за час, протягом якого машиною виготовляється один або декілька (при наявності в машині двох або більше паралельних потоків обробки) готових виробів(t_p). Кінематичний цикл являє собою час між двома послідовними вихідними положеннями органів виконуючих механізмів. У межах кінематичного циклу кожен робочий орган технологічної машини здійснює робочий і холостий хід, які за часом можуть відокремлюватись зупинками через об'єктивні або суб'єктивні причини.

За структурою робочого циклу технологічні машини можна класифікувати на такі групи:

- обладнання періодичної дії, коли режим його роботи змінюється з часом;
- обладнання безперервної дії, коли режим незмінний в часі;
- обладнання комбінованої дії, коли окремі операції можуть виконуватись періодично, тоді як машина, в цілому, працює безперервно, або навпаки.

Виконання представлених циклів виробничого процесу реалізується за паралельними, послідовними або комбінованими потоками, що визначаються технологічними лініями. *Технологічна лінія* – це перелік технічних засобів для виконання технологічного процесу згідно із певною виробничою програмою, рецептурами продукції та можливостями даного виробництва.

Основною складовою будь-якої технологічної лінії є машина, визначення якої трактується достатньо широко.

Ще у 19 сторіччі *машину* визначали як такий механізм, що при отриманні певного руху здійснює своїми робочими органами ті самі операції, які раніше здійснював робітник подібними інструментами: лопатою, ножем, важелями. Тобто, основним призначенням машини є часткова або повна заміна виробничої діяльності людини з метою облегшення праці та підвищення продуктивності виробництва.

Також машину ототожнювали з поняттями агрегату, станка та апарату. *Агрегат або машинний агрегат* являю собою уніфікований елемент машини (електродвигун, насос, редуктор), який володіє повною взаємозамінністю, виконує визначені функції у технологічному процесі, нерідко приєднується до основної машини (*від лат. aggrego – приєдную*), виконуючи другорядні функції [6]. Інколи під назвою «апарат» розуміють будь-який пристрій, в якому протікають процеси, результатом яких є зміна якісних характеристик продукції, що супроводжується зміною агрегатного стану, хімічне перетворення речовини. Під *станком* у техніці розуміють машину для обробки різних матеріалів, які використовують на виробництві; певні підтримуючі та інші спеціальні пристрої.

За характером дії на оброблюваний продукт можна відзначити механізми, які виконують допоміжні функції для реалізації різних стадій процесів, які відбуваються в машинах, або для підготовки їх протікання; машини, в яких продукт піддається дії, яка призводить до кількісної зміни властивостей продукту, а також до зміни його форми і розмірів. Даний поділ обладнання в реальних умовах частіше всього являє собою комбінацію механізмів, машин і апаратів, в яких одночасно протікають різні механічні, теплові, масообмінні процеси. Машина може бути механізмом, якщо вона виконує певні функції, може складатись із цілого ряду механізмів і апаратів. Більш вдалим є поняття *технологічної машини*, як технічної або

біотехнічної системи, структурні складові яких взаємоузгоджено функціонують для здійснення певних цілеспрямованих рухів з метою перетворення енергії, матеріалу або інформації.

У структурному плані технологічна машина складається із трьох механізмів:

- ✓ рушійного для перетворення одного виду енергії в інший;
- ✓ виконавчого для забезпечення руху робочого органу за заданим законом;
- ✓ передаточного для передачі енергії від рушійного механізму до виконавчого.

Виконувальні механізми включають в себе робочі органи, пристрої для їх кріплення, встановлення та приведення в дію. Конструкція виконувального механізму залежить від структури робочого циклу, машини, характеру технологічного процесу, властивостей об'єкта, що обробляється. Виконавчий механізм складається з робочого інструменту або робочого органу; веденої ланку для з'єднання з робочим органом; робочої камери з завантажувальними та розвантажувальними механізмами. Робочі інструменти виконавчого механізму безпосередньо діють на продукт, що обробляється згідно до технологічного процесу. В деяких машинах процес здійснюється декількома робочими інструментами, які поділяються на інструменти для обробки (ножі, лопасті тощо) та утримання (захвати, затискачі тощо). Робочі інструменти можуть також виконувати функції фіксування продукт в нерухомому стані при відносному переміщенні інструменту для обробки; установки або фіксування робочого органу при відносному переміщенні продукту, що обробляється. Інколи виділяють допоміжні механізми для керування: для здійснення пуску, контролю за роботою машини; для регулювання: для налаштування роботи машини; запобіжні механізми: для усунення неправильного вмикання або вимикання машини, запобігання поломок окремих її вузлів, недопущення травматизму. Конструктивні особливості виконавчих органів визначаються

в основному видом дії на продукт, який обробляється.

Передаточні механізми містять механічні, гідравлічні, пневматичні або комбіновані передачі, які приводять до руху та керують виконавчими органами. Сукупність рушійного і передаточного механізмів складає приводний пристрій або привод (рис.1.7). Механізми для управління та контролю за робочими режимами також, як правило, відносять до приводу машини. Інколи їх виділяють як самостійну частину машини.

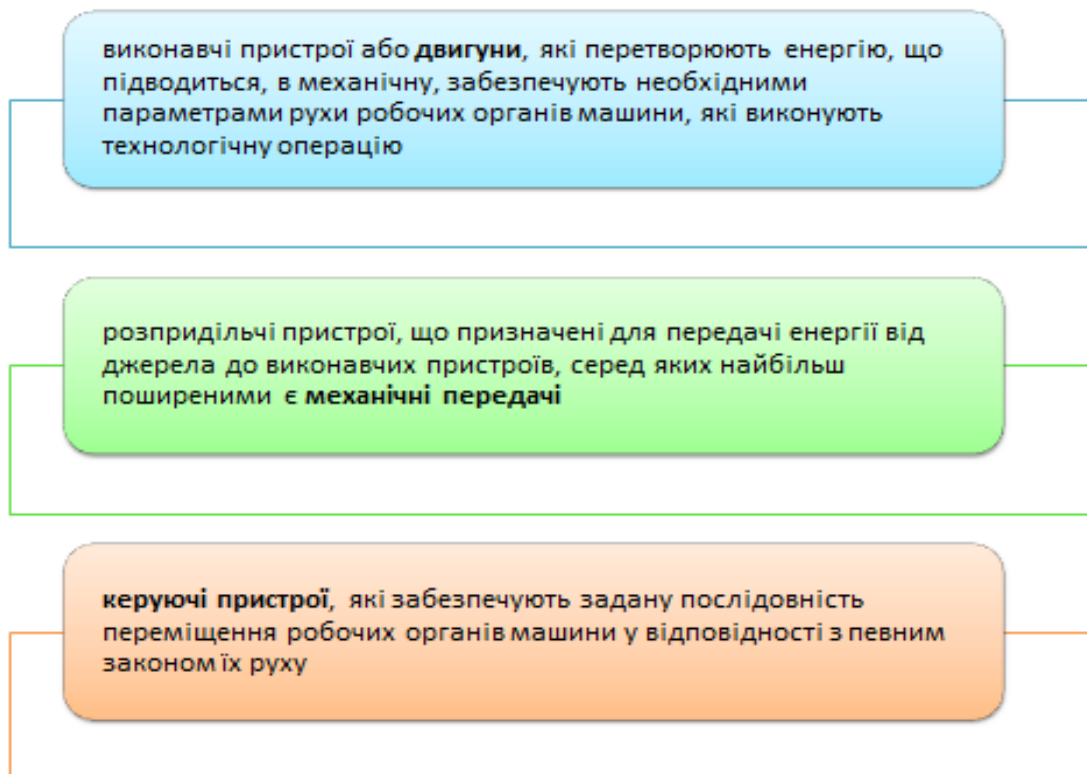


Рис.1.7. Структура технологічної машини

Реальні технологічні машини становлять комбіновані агрегати або комбайни, що призначені для виконання представлених вище функцій. *Комбайн* - це комбінована машина, що складається з окремих машин, що виконують усі або частину робочих операцій технологічного процесу. Оскільки будь-який об'єкт може бути представленим у вигляді системи ланок, то машини, комбайни та технологічні лінії завжди повинні піддаватися розмежуванню за ланками відповідно до ролей, сформульованих нами вище, а саме: оператор - провідна командна ланка,

інструмент – виконавча ланка, верстат - спрямовуюча, підсилювальна (або послаблююча) дія інструменту, клієнт - ланка, що обслуговується. Система має головну функцію, що не зводиться до функцій ланок, а також об'єкт обробки, предмет виробництва або продукт системи, що не є функцією системи.

На відміну від технологічної лінії та комбайна біотехнічні системи включають додатково персонал і ланку клієнтури. У тваринницьких БТС клієнтами систем у більшості випадків є тварини, а також - корми, сировина, відходи, продукти, довкілля, наприклад, повітря у приміщеннях.

З біотехнічних систем (БТС) можна виділити технічні системи (ТС). Якщо у біотехнічних системах командну роль грає персонал, то МС - засоби управління та автоматики. У загальній теорії систем іноді виділяють окремо великі системи, які називаються іноді складними системами.

Введення нами у теорію поняття “ролі ланок” стирає межу між елементарними та складними системами. Тому формально будь-яку складну систему можна спочатку розглядати як елементарну чотириланкову. Вже під час підрахунку числа корисних функцій ланок виявляється, що є явно не елементарною, а багатоланковою, тобто, складною (великою). Завжди можна розділити складні системи на окремі елементарні. Ніколи не слід включати у систему зайві об'єкти сусідніх систем, навіть якщо вони є спільними елементами сусідніх систем. Наприклад, систему доїльного цеху слід розділити на дві системи: доїння та первинної обробки молока. Загальним елементом цих систем є молокопровід. Так само систему водовикористання зручно розділити на дві окремі системи: водопостачання та водоспоживання. Загальним елементом даних систем або підсистем є магістральний водогін. У великих містах ці системи належать абсолютно різним організаціям, наприклад, водоканалу області та комунальному господарству різних міст.

Не завжди легко вдається уникати помилок включення до системи

об'єктів зовнішнього середовища та сусідніх систем. Помилкове включення зайвих чинників призводить до парадоксів. Наприклад, у державному плані свого часу при плануванні роботи алюмінієвих заводів був помилково включений фактор доходу залізниць, що перевозять алюміній. Коли поряд із певним містом або у місті разом із алюмінієвим заводом працював завод алюмінієвих виробів, який безпосередньо отримував розтоплений метал та постачав одразу для виробництва готової продукції, отримуючи відповідні економічні дивіденди. У той же час ЕОМ видала явно парадоксальну “помилкову” рекомендацію перевозити метал на певний алюмінієвий завод і звідти назад до споживача, що одразу приводило до збитковості означених підприємств.

Існують корисні зовнішні та внутрішні функції ланок. Наприклад, корова, що обслуговується під час доїння, не повинна здійснювати зовнішніх рухів. Це призводить до помилкового висновку, що корова не впливає на систему доїння. Однак без прояву внутрішніх функцій рефлексу молоковіддачі та виділення з гіпофіза мозку у кров гормону окситоцину не вдасться функція молоковіддачі та доїння буде неможливим.

Здавалося б, що перш ніж приступити до розрахунку технічного рівня машини або біотехнічної системи потрібно спочатку скласти докладну багаторівневу схему цих об'єктів, а потім від підсистеми до підсистеми, від рівня до рівня вести докладний підрахунок функцій. Такий порядок розрахунку теоретично можливий, але практично нездійснений з таких причин:

1. Складність об'єкта змусить нас зображати схеми, що містять тисячі та мільйони деталей, тому громіздкість схем не дозволить нам ніколи створити повну схему об'єкта багаторівневого плану.
2. Якщо система проста за складом ланок (наприклад, система "людина - важіль - опора - вантаж"), але містить хоча б одну багаторівневу ланку (наприклад, "людина"), то скласти повну схему людини не вдасться

через незнання внутрішнього устрою, наприклад, мозку людини. Тому, нас не цікавлять внутрішні функції біологічних ланок; потрібно встановити скільки робочих зовнішніх корисних функцій здійснює біологічна ланка, щоб змусити систему працювати.

Так само ми зобов'язані знехтувати всіма внутрішніми функціями технічних ланок систем, а врахувати тільки ті головні (зовнішні) функції ланки, які впливають на роботу системи. Наприклад, якщо різні механізми мають різну складність, а виконують абсолютно однакові функції, то всіма внутрішніми функціями механізмів слід знехтувати, а врахувати тільки головні. Однак при цьому може виявитися, що дві конкуруючі системи мають однаковий технічний рівень (ранг). У даному випадку корисно зробити аналіз підсистем. Перевагу повинна отримати система, що використовує прості та дешеві підсистеми за інших однакових умов конкуруючих підсистем.

Приклади розрахунку технологічних ліній та комбайнів будуть наведені нижче. При розрахунку складних систем конкурування можливі помилки неврахування частини функцій. Помилка буде тим більша, чим більший порядковий номер ланки. Однак якщо однакові помилки допущені для всіх систем, то різниці технічних рівнів можуть виявитися приблизно близькими до істини через однакові помилки. Тому розрахунок рангів у екстрених випадках, наприклад, у процесі огляду конкуруючої техніки на виставках-продажах слід перевірити у спокійній обстановці офісу.

Отже, технологічні лінії теоретично можна завжди звести до елементарної чотириланкової системи, об'єднуючи елементи у групові ланки систем. Комбайни не слід розділяти на окремі системи, а розглядати їх простіше як багатоеlementні чотириланкові (тобто елементарні) системи.

Якщо число функцій складної ланки більше 6, то тільки даний аргумент свідчить саме про складність або багатоланковість даної системи. Число цифр у ранзі автоматично виявить еквівалентне йому число ланок у системі.

Отже, не слід заздалегідь вгадувати кількість ланок у системі, якщо вона явно складна.

1.4 Поняття рівня біотехнічної системи

Будь яка інформація про технічний рівень і про прогноз технічного прогресу конкурентних машин цікавить споживачів, постачальників, розробників і виробників техніки.

Однак існують наукові, технічні та «адміністративні» [7, 8] протиріччя, що призводять до необхідності створення такої інформації.

1) Існує потреба в екстреній оцінці технічних рівнів конкуруючих машин, але до цих пір не було знайдено прямого критерію такої оцінки.

2) Існують методи [9, 10, 11] наближеної оцінки технічних рівнів за набором непрямих показників, отриманих при випробуваннях машини, але такі випробування та обробка результатів дослідів вимагають лабораторної бази, кваліфікованих виробників, значущих матеріальних витрат і часу. Складність, дороговизна, приблизність оцінок і тривалість дослідів призводять до того, що зазвичай за кілька років вдається порівняти тільки кілька конкуруючих машин із десятків і сотень що існують, а знов винайдені і ще не виготовлені взагалі випадають з порівняння.

3) Існує потреба в довгостроковому прогнозі технічного прогресу конкурентних машин, але немає точних, швидких і дешевих методів прогнозу, а існуючі [12] методи придатні для прогнозу не більше 5-10 років і тільки для однієї модернізованої машини без порівняння з машинами інших заводів.

4) На результати випробування машин діють такі основні фактори, що їх корегують: кваліфікація персоналу, якість виготовлення техніки, наявна база обслуговування обладнання, властивості сировини та їх зміни за часом та інші. Однак без дії цих факторів випробування неможливі.

5) Існують складні методи [5, 9] порівняння машин різних виробників

за багатокритеріальною базою показників. Однак у різних галузях техніки число порівнюваних показників з часом швидко росте, створюючи ілюзію уточнення результатів порівняння. Насправді відбувається не уточнення результатів рішення технічної задачі, а ускладнення умов задачі. Ускладняються і способи вирішення. Заміна розрахунку вручну на розрахунок за допомогою ЕОМ посилює ілюзію уточнення результатів. Чим більше порівнюваних показників, тим важче упорядкувати їх по значимості. Більшість показників характеризують тільки окремі частини машини, а не машину в цілому. Некоректне визначення фактора значущості [10] робить задачу практично невирішеною, про що свідчать зазвичай взаємно виключаючи інші результати рішення [4, 12, 13] або випробування.

6)Доказ значущості факторів здійснюється за допомогою теорії вірогідності або математичної статистики. Однак у принципі потрібно мати точні однозначні результати рішення, тому для оцінки техніки потрібні не вірогідні, а детерміновані математичні моделі та достатньо точний або адекватний єдиний критерій оцінки кількісного характеру на відміну від набору непрямих показників якісних і вірогідних характеристик, що як правило застосовуються.

7)Фактично термін “технічний рівень” до цих пір не мав свого значення, а поняття про такий рівень тільки розумілося. Тому термін використовується виключно у засобах масової інформації, але майже відсутній у технічній та науковій літературі, окрім науково-популярної.

Теоретичне доведення принципової можливості нівелювання перерахованих наукових протиріч складає наукову проблему вимірювання та оцінки технічних рівнів машин.

Проблема стосується фундаменту технічних наук. Фактично, наука “механіка” зіштовхнулася з майже такою ж проблемою, яка виникла у науці “хімія” до кінця 18 століття [14, 15]. Тоді вимагалось дати поняття про прості речовини, зокрема, атомах, молекулах, елементарних частинках, з

яких складаються складні речовини і визначити численну характеристику цих елементів. Д.І. Менделєєв в 1869-1871 рр. створив “Періодичну систему елементів”, яка виявила властивості не тільки ефективної класифікації, але й передбачення або прогнозування нових елементів. Повністю заповнити таблицю Менделєєва не вдалося [16, 17] до цих пір, навіть за наступні 130 років. Однак вдалося створити варіанти таблиці “періодичної системи”: *коротку*, що розробив Менделєєв; *довгу* за розробкою Менделєєва та удосконалення А. Вернером (1905); *сходову* за авторства Т. Бейлі (1882), Ю. Томсена (1895) та удосконалення Н. Бором (1921 р.). Всього запропоновано кілька сотень варіантів графічного зображення: таблиці, геометричні об'ємні фігури, криві у вигляді спіралей тощо.

Теорія “Періодичної системи елементів” пізніше була створена Н. Бором (1913-1929 рр.) за теорією “Квантова механіка” на основі понять атомних спектрів і спина (1925 р.) у науці “Атомна фізика” [18]. Періодичний закон Менделєєва за своїм фізичним сенсом був розкритий лише у 1920-1940 роках. Закон до цих пір не має математичного виразу, але наявний словесний вираз був уточнений наступним чином: “властивості елементів, а тому і властивості утворених ними простих і складних тіл, стоять у періодичній залежності **від заряду ядра атомів**”: раніше: **від атомної ваги** [19].

У науковому розділі “механіка” існують наступні визначення простих і складних технічних пристроїв [20].

1. **Ланка механізму**: один або кілька нерухомо сполучених твердих тіл, що входять у склад механізму [20].

2. **Кінематична пара** (скорочено - пара): з'єднання двох контактуючих або взаємодіючих ланок, що допускає їх відносний рух [20].

3. **Сполучення**: об'єднання пари з ланкою або парою.

4. **Механізм**: об'єднання тіл для перетворення руху одної або декількох ланок у необхідний рух інших ланок [20].

5. **Машина** (фр. machine, лат. machina): пристрій, що виконує механічний рух для перетворення енергії, матеріалів та інформації з метою заміни або полегшення фізичної та розумової праці [20].

6. **Машина** автоматизована: устаткування, що виконує частину роботи без участі людини.

7. **Машина** автоматична: устаткування, що функціонує без участі людини.

На теперішній час має місце класифікація та опис пар, сполук і механізмів. Артоболевський І.І. [1] описав 4371 таких пристроїв: виходить цікаве їх порівняння з числом хімічних елементів.

Відносно велика кількість, а саме, 35 варіантів пар з 1 ступенем вільності пояснюється тим, що одна і та сама функція (переміщення або обертання) може виконувати різними конструкціями пристроїв.

Можна передбачити, що незначна розбіжність чисельності елементарних технічних пристроїв та хімічних елементів, є тимчасом. Справа в тому, що колосальна праця класифікації елементарних пристроїв механіки (пари, з'єднання, механізми) стосуються об'єктів тільки «власне» механіки, але не «власне» техніки.

Артоболевський І.І. встиг класифікувати пристрої аж до механізмів та зупинився на неосяжному полі варіантів до машин. При цьому він достатньо успішно проаналізував багато електричних механізмів і машин гідравліки. На жаль, вчені-механіки не прийшли до загальної методики класифікації, що є цілком зрозумілим. Хіміки здійснили класифікацію простих речовин, враховуючи простоту близько 50 речовин, тоді як механікам відомі тисячі простих пристроїв. При цьому тисячі хімічно складних речовин еквівалентні за структурою тисячам механічних пристроїв. Інтуїтивне встановлення кордонів між простим і складним зайняло історично багато часу. Здавалось, що у механіці немає чіткої межі між простим і складним. Однак механіки не заповнили графу механізмів з 6 ступенями вільності з

дуже простої причини: для даної групи розпливалася межа між механізмами і машинами та не було теорії такого розмежування.

Таблиця 1.1

Прості пристрої та елементи

Характеристика	Ступені вільності ланок							Всього
	1	2	3	4	5	6	7?	
1. Механіка								
Число з'єднань	2	8	18	18	17?	?	?	63
Число пар	35 (37)	9	5	1	?	?	?	52
Разом	37	17	23	19	17	?	?	113
2. Хімія, фізика								
Характеристика	Періоди таблиці Менделєєва Д.І.							Всього
	1	2	3	4	5	6	7	
Число елементів	2	8	8	18	18	32	19 (32)?	105 (118)?

Поповнення числа елементарних пристроїв, на нашу думку, буде відбуватися за рахунок «репольних» зв'язків ланок: «реполь» - скорочено «речовина + поле».

Багато технічних пристроїв до цих пір не класифіковано або зібрано документально в окремих галузях техніки: харчові та переробні виробництва, радіоелектроніка та телебачення; авіація та військова техніка тощо. Сотні тисячі томів нових пристроїв можна зібрати за матеріалами патентних бібліотек найбільших держав світу, частина їх є засекречена. У період 1970-х років у СРСР щорічно реєстрували майже половину винаходів світу. На долю всього двох мов ООН: російської та англійської припадає 94% наукової та технічної інформації світу. Причому інформації з СРСР було так багато, що у деяких достатньо розвинутих країнах стали

створювати фірми з пошуку як патентованих, так і непатентованих технічних рішень радянських авторів з метою їх привласнення для подальшого патентування та використання. Навіть патентні джерела були чистим подарунком для таких фірм, що фіксувалося судовими процесами про незаконне привласнення винаходів.

Наприклад, сотні та тисячі деталей містять такі апарати, як телевізійні приймачі. Яким критерієм оцінити їх довершеність? Французький філософ 18 століття Ж. де Ламетрі вважав, що за механізмом перетворення енергії тварина не відрізняється від машини. До такої точки зору приходили багато вчених за останні століття. Тоді постає питання: як оцінити досконалість тварин у якості машини? Думаю, можна вважати, що порожні клітини таблиці 1 з часом будуть заповнюватися за рахунок електронних і хімічних пристроїв, що діють на принципах «реполей» [1, 17], але для цього потрібно створити теоретичне обґрунтування.

Тоді зробимо припущення, що до створення такого обґрунтування таку теорію назвемо «квантовою механікою біотехнічних систем».

1.5 Передпосилання до вирішення проблеми

Російський дослідник Альтшуллер Г.С. в кінці 20 століття [18] звернув увагу на однакові винаходи, що були зроблені як у стародавності, так і в сучасності у різних країнах і навіть на різних континентах Землі. Це побудило дослідника зайнятися розробкою теорії технічного творчості. *Гіпотезою даного дослідження послужило припущення, що існують невідомі технічні закони, за якими можна обґрунтувати алгоритм ходу думки у винахідництві або творчості взагалі.* Відома на теперішній час «теорія вирішення винахідницьких задач» (ТВВЗ) є результатом творчості російської громадської лабораторії винахідництва. Лабораторія об'єднала представників та науковців, яких можна віднести до галузей техніки,

мистецтва, фантастики, психології та інших напрямків творчості [17]. Дослідники відкрили декілька технічних законів, кілька методичних прийомів винахідництва та після ряду уточнень сформулювали алгоритм вирішення винахідницьких задач, що включає алгоритм формулювання самої задачі. Одне з правил алгоритму: задачу слід формулювати, притримуючись вимогам першого технічного закону або *закону повноти системи* ТВВЗ: «У нормально функціонуючій системі не може бути менше чотирьох ланок» [17].

Окрім того, теорія винахідництва має важливий методичний прийом: якщо завдання не вирішується, потрібно ускладнити її умови, наприклад, посилити технічне протиріччя системи [17]. Тоді повернемося до представленого вище поняття про систему та її складові, що дозволяє зробити наступні попередні висновки.

Попереднє резюме: до цих пір машини важко було оцінити за такою їх функціональною *досконалістю*, яке за фізичним змістом було б близьке до поняття «технічний рівень».

Перша робоча гіпотеза: якщо проблема вимірювання технічного рівня не (або важко) вирішується відносно машини, її потрібно спробувати вирішити у складі більш складної технічної або біотехнічної системи. Такий підхід відповідає до певних методів ТВВЗ.

Потрібний результат вирішення проблеми: необхідно обґрунтувати такий спосіб вимірювання технічних рівнів, за якого є справедливими наступні *припущення*:

- замість природних експериментів досить зробити серію «мисленних експериментів» [17];
- зникає вплив спотворюючих факторів на оцінку результату;
- замість набору непрямих показників достатньо мати один головний показник;
- вартість оцінки наближується до нуля;
- термін оцінки наближується до нуля.

Розділ 2. Систематизація біотехнічних систем

2.1. Геометричні моделі пристроїв

Згідно з першим технічним законом [17, 18] теорії винахідництва (ТВВЗ) спочатку будемо досліджувати біотехнічні системи, що містять 4 ланки, тобто працеспроможні мінімальні (або елементарні) системи. Складні системи поки що спрощуємо до елементарних.

Не акцентуючи увагу на докази, приведемо формулювання потрібних нам нових положень теорії біотехнічних [4] систем (ТБТС):

1. біотехнічні (БТС) та технічні (ТС) системи еквівалентні між собою за структурою і технічними законами, які діють на ці системи.

2. БТС і ТС будь-якої складності абстрактно зводяться до елементарних (тобто чотириланкових) систем, у яких кожен із чотирьох ланок має наступні властивості:

а) будь яка ланка може бути технічною (Т) або біотехнічною (Б) за родом походження;

б) ланки вважають ієрархічно залежними;

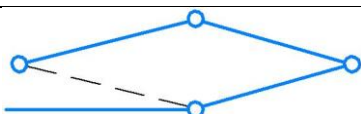
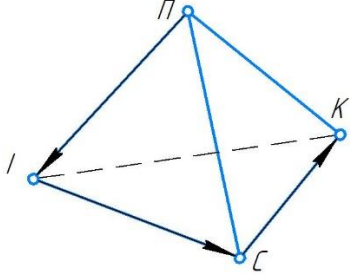
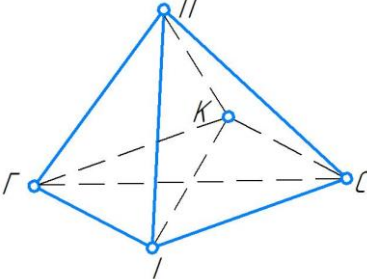
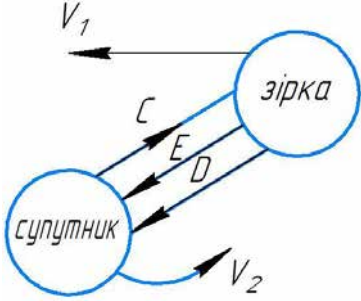
в) ланки можуть мати наступні зв'язки: жорсткі, рухомі, гнучкі, вільні.

Найбільш повно вивчені жорсткі та рухомі зв'язки. При вільному зв'язку ланка або ніколи не входить у контакт з іншими зв'язками або спряження є тимчасовим. Це має місце, наприклад, у таких системах виду БТББ: мисливець - рушниця - собака – звір; мисливець - сокіл - повітря - птиця. Артилерист ніколи не зіштовхується у момент вистрілу впритул із мішенями. Мішень може знаходитися за десятки і навіть за тисячі кілометрів від артилериста, якщо артилерія ракетна.

Представляємо геометричні моделі ланок, сполук, механізмів, машин і систем (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Геометричні моделі ланок, сполук, механізмів, машин і систем

Назва моделі	Схема моделі	Примітка
Ланка		Одне тіло
Кінематична пара		Два тіла
Сполучення		За пунктиром утворюється одне тіло із трьох, що втрачають рухомість
Механізм		За пунктиром роблять обмеження числа ступеней вільностей всіх ланок
Елементарна 4 - ланкова система з вільними зв'язками ланок (точок). Ребра = зв'язки		O – оператор (командна ланка); I – інструмент; B – верстат; K – клієнт (заготовка)
5 - ланкова система		див .п. 2.8
Вільний зв'язок: зірка-супутник		C – гравітаційна сила взаємопритягання; E – відцентрове відштовхування супутника; D – тиск світла; V_1 і V_2 – швидкості тіл

У класичній “теоретичній механіці” створення механізмів здійснюється, як правило, за рахунок зміни кількості ланок та і чисел

ступенів свободи у точках з'єднання цих ланок. Тому механізми однакової складності можна представити у різних видах конструктивних виконань та різного функціонального призначення, що до сих пір ускладнювало класифікацію механізмів. На це вказував акад. Артоболевський І.І. [1], групуючи механізми як за їх будовою, так і паралельно – за призначенням.

За першим технічним законом “теорії винахідництва” [15] працездатна система не може мати менше 4 ланок. Тому в якості найбільш простої або елементарної моделі системи приймаємо тетраедр, що має 4 зв'язки (вершини) і 6 ліній зв'язку (ребер) між зв'язками. Розглянемо спочатку найбільш складний варіант моделі: з вільними зв'язками ланок.

2.2 Закон кількісної обмеженості системи

У процесі аналізу висунули *другу робочу гіпотезу*: *будь-які системи абстрактно відрізняються за обмеженим числом функціональних ознак, тому відповідно будь-яке повне сімейство одноцільових конкуруючих систем завжди буде численно обмеженим.*

Представили систему у вигляді геометричної просторової моделі. Представили ланки у вигляді точок, що знаходяться на деякій відстані одна від одної. По-думки сполучимо точками абсолютно гнучкими, тобто вільними зв'язками. У результаті отримали багатогранну піраміду (табл. 2.1).

Кожна ланка, що знаходиться у вершини піраміди, може вільно здійснювати у декартовій системі координат рух так, що по чергово отримує 7 ступенів вільності: $S = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (всього сім). Загальне число станів ланок системи складає варіантів ступеней вільності. Загальне число станів самої моделі дорівнює числу розміщень з повтореннями з $S = 7$ варіантів ступенів свободи для $R = 4, 5, 6, \dots N$ ланок. Тут N - деяке ціле число, що обмежує кількість ланок. Тоді при будь-якому значенні R загальне число варіантів системи завжди буде чисельно обмеженим. Форма математичного

запису чисел варіантів розміщень з повтореннями з S по R елементів має відомий у математиці [10] вигляд

$$F_c = S^R, \quad (2.1)$$

де F_c - число варіантів систем; R - число ланок в системі; S - число ступенів вільності ланок.

Оскільки F_c - завжди численно обмежено, то будь-яка приватна система абстрактно розпізнається у безлічі аналогічних систем усього за двома параметрами: R і S . Ми отримали закон чисельної обмеженості системи. За цим законом трактується, що системи абстрактно розпізнаються і можуть розвиватися двома шляхами:

1) еволюційно одиничними квантами за $S = 1, 2, 3 \dots 6$ ступенями вільності (або функцій);

2) революційно груповими квантами по 7, 49, 343, 2401 одиничних рангів (див. нижче) при зміні чисел ланок $R = 1, 2, 3, \dots N$.

Таким чином, за *законом чисельної обмеженості системи*: **сукупність одноцільових F_c систем численно обмежена та дорівнює максимально можливому числу (S) ступенів вільності, що введене у ступінь числа (R) ланок у системі.**

У геометричних моделях систем нам зручно оперувати числами ступенів вільності. Для реальних систем очевидно, що кожному числу ступенів вільності відповідає конкретна еквівалентна функція або набір функцій ланки, що буде показано нижче.

Представлений закон чисельної обмеженості системи дозволяє визначити на початку дослідження теоретично можливе число варіантів технічних пристроїв будь-якої складності - від кількості варіантів пар ланок, чисел з'єднань та чисельних механізмів у класичній механіці до кількості варіантів більш складних систем. Результати розрахунків наведено у таблиці 2.2.

Однак нам поки що невідомі критерії, за допомогою яких ми можемо розподілити конкретні елементи системи так, щоб одночасно з розпізнаванням був виміряний функціональний (технічний, фізичний, біологічний) рівень певної системи. Теорію розпізнавання було викладено нижче за текстом.

Таблиця 2.2.

Чисельність варіантів пристроїв різної складності, включаючи живі організми, за законом чисельної обмеженості систем

Варіантів чисел ступенів свобод 3 (функцій)	Число ланок R							
	1	2	3	4	5	6	7	8 і т.д.
	елементи або ланки	кінематичні пари	з'єднання	механізми та елементарні системи	складні системи, включаючи живі організми			
Число варіантів пристроїв $F_c = S^R$								
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	4	8	16	32	64	128	256
3	3	9	27	81	243	729	2187	6561
4	4	16	64	256	1024	4096	16384	65536
5	5	25	125	625	3125	15625	78125	390625
6	6	36	216	1296	7776	46656	279936	1679610
7	7	49	343	2401	16807	117649	823543	5761801

2.3 Класифікація елементарних пристроїв механіки

Із таблиці 2.2 виходить принципово нова класифікація елементарних пристроїв. Ланки класичної механіки (тіла) можуть перебувати у 7 варіантах станів за числом ступенів вільності: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Кінематичні пари у цих же варіантах ступенів вільності утворюють 49 варіантів пар, включаючи попередні 7 варіантів ланок, так як формально кожна ланка може знаходитися при нульовому ступені вільності ($S=0$) або при нульовому числі R одної з двох ланок R пари.

Якщо врахувати, що гіпотетично можна представити ланки з $S=7$ ступенями вільності на грані їх переходу до нової якості, то теоретично можливе існування 49 варіантів пар. Якщо одна ланка “речовина”, а інше - “поле”, то таких пар буде 7. Якщо обидві ланки представляють “поле”, то таких пар буде теж 7. Викреслюючи з 49 можливих варіантів “репольні” та “польові” варіанти пар, отримали, що кількість варіантів пар з ланками типу “речовина-речовина” (тіло-тіло) буде $49 - 7 - 7 = 35$ пар. Після цього механіки відкрили вже всі можливі варіанти 35 пар з механічними ланками (табл. 1.1). Однак усі 35 (37) пар із довідника [1] реалізуються вже в однорухомих варіантах. Це досягається за рахунок введення різних форм ланок у місцях їх взаємодії та за рахунок введення додаткових деталей, що не були враховані, наприклад, кулькових підшипників у місцях тертя ланок. Реально має місце всього два способи відносного переміщення ланок (обертання або лінійне переміщення) в однорухомих парах реалізуються в 35 (37) конструкторських варіантах. Однак наша формула 1 визнає обертання еквівалентним лінійному переміщенню, так як в обох випадках реалізується тільки одна ступінь вільності, а пара характеризується як однорухома (має одну ступінь вільності) в обидвох способах відносного переміщення. Таким чином, однорухомі пари мають тільки один варіант відносного переміщення, а саме - один ступінь вільності. З ростом числа (S)

ступенів вільності у парі формула 1 дає зростаючий підсумок (1, 4, ... 49) числа варіантів, а довідник [1] при зростанні чисел S навпаки показує зниження відомих варіантів до нуля вже на 5 ступенях вільності. Це можна пояснити тим, що у довідник включені тільки власне матеріальні ланки механіки та не включені пари типу «речовина-поле» і «поле-поле», з урахуванням яких теоретично можливо реалізувати всі 49 теоретичних варіантів пар.

Довідник дає 52 варіанти одно-, дво-, три- та 4-рухомих пар, більшість із яких відрізняється тільки конструктивно, але теоретично мають еквівалентні двійники за кількістю ступенів вільності та реалізує у принципі однакові функції переміщення ланок.

За законом чисельної обмеженості системи (у тому числі елементарних пристроїв типу пара і з'єднання) нами пропонується наступний принцип класифікації елементарних пристроїв. Повний еволюційний ряд елементарних пристроїв, що розвиваються, має такий вигляд:

- ланки займають перші 7 позицій ряду;
- пари займають 8 - 49 позицій (42 пари);
- з'єднання включають 50-343 позиції (294 шт.);
- механізми включають 344-2401 позицій (2058 позицій).

Кінцеві або граничні номери позицій у цьому випадку повністю співпадають з кількістю варіантів пристроїв (табл. 2.2) зі зростаючим їх підсумком, що включає число варіантів з менш розвиненими пристроями.

Така попередня класифікація є недостатньо переконливою. Однак така класифікація набуває неочікувані переваги, якщо точно за цим принципом ми нижче будемо класифікувати більш складні пристрої у вигляді машини як технічної системи або апаратів у вигляді біотехнічних систем.

В елементарній системі (2401 варіант пристроїв) усі 2058 варіантів механізму нижчих рівнів мають не більше 4 ланок. Більше число ланок буде спостерігатися за межами елементарної системи. Такі ситуації надані у

таблиці 2.2. Більш детально багатоланкові системи, машини та механізми розглядали нижче.

2.4 Логіко-математична модель системи

Для обґрунтування нового критерію виміру технічного рівня системи або окремих конкурсних машин нам потрібно виявити ролі всіх ланок системи. Без цього неможливо зробити ані аналіз, ані синтез системи. Тому представили таблицю 2.3 для деяких реальних систем різних видів, що відрізняються числом та місцем розташування біологічних (Б) і технічних (Т) ланок. Усі варіанти даних різновидів мають лише по 4 ланки.

Таблиця 2.3.

Реальні біотехнічні системи

Вид системи	Ланка				Продукт системи
1 БТББ	Мисливець – рушниця – собака - звір				здобич
2 ББТБ	Мисливець – сокіл – повітря - птиця				здобич
3 БТБТ	Фермер – плуг – кінь - земля				поле
4 БТТБ	Стрілець – куля – рушниця - здобич				здобич
5 ТТББ	Годинник – міна – смертник - ворог				труп
6 БТТТ	Шофер – машина – дорога - вантаж				прибуток
7 БТТБ	Машиніст – потяг – колії - пасажир				прибуток
8 БТТТ	Токар – різець – верстат - заготовка				деталь
9 ТТТТ	Антенa – детектор – варіатор - навушник				радіоприйом
Роль ланки	командна	виконавча	напрямна та посилююча	для обслуговування	Продукт - не ланка
Назва ланки	Оператор (О)	Інструмент (І)	Верстат (В)	Клієнт (К)	Продукт - не функція

У таблиці 2.3 методом узагальнення ми виявили ролі ланок. Це дозволяє нам синтезувати нові системи та аналізувати існуючі будь-які реальні системи. Стало можливим обґрунтовано звести складні системи до елементарних (4-ланкових) різновидів систем і навпаки.

Аналіз таблиці 2.3 дозволяє зробити наступні висновки.

1. Ролі ланок є несумісними, тобто кожна ланка має власну роль.
2. Основна функція системи не зводиться ні до однієї з функцій ланок: дане положення є одним із відомих базових положень “загальної теорії системи” [4], наприклад, для систем 1, 2 і 4 головною функцією системи є полювання охота на диких тварин; у системі 3 - оранка землі, 5 - знищення ворога, 6 і 7 - перевезення вантажів і пасажирів.
3. Функція системи не є товарним продуктом і навпаки: у важких випадках потрібно використовувати в якості продукту його еквівалент, а саме кошти через отриманий прибуток.
4. При перестановці ланок змінюється функція та продукт системи (докази не приводимо).
5. Систему можна показати на різному рівні: докладності деталей, зокрема, у системі 1 рушниця розуміється разом з кулями, а у системі 4 куля грає самотійну роль.
6. Ланки ієрархічно залежать одна від одної за таким порядком: оператор → інструмент → станок → клієнт (докази показані нижче).

Для підтвердження шостого висновку використовуються наступні логічні прийоми:

- а) Ланка «оператор» грає у системі командну роль, тому вона є провідною першою та ієрархічно найважливішою ланкою.
- б) Ланка “клієнт” є обслуговуючою ланкою, на яку спрямована дія всіх інших ланок, тому в ієрархічному ланцюгу ця ланка має зайняти останнє четверте місце.
- в) Ланка “верстат” відіграє допоміжну (посилючу чи ослаблючу

або напрямну) роль у відношенні до ланки “інструмент”, тому ця ланка в ієрархічному ланцюгу повинна зайняти третє місце після ланки “інструмент”.

г) Для ланки “інструмент”, який виконує виконавчу роль, у чотириланковому ланцюзі залишається єдине вільне друге місце.

Роль і місце розташування ланок в ієрархічному ланцюзі складних систем визначаються нижче.

Для передбачення поведінки системи потрібна математична модель цієї системи. До цих пір системи з вільним зв'язком ланок виходило моделювати тільки рівнями динаміки. Так моделювався рух небесних тіл і штучних супутників. Так моделювалася поведінка системи навіть з жорсткими зв'язками. Наприклад, польові сільськогосподарські агрегати моделювалися за принципами Делаμβера або Гамільтона-Лагранжа, Аппеля або Гамільтона-Остроградського [13, 19, 20, 21, 22, 23]. Моделі були придатні для тактичних цілей проектування конкретної машини. Однак нам потрібно створити математичну модель для стратегічних цілей. Стратегія повинна мати мету не тільки для абстрактного розпізнавання системи за технічним рівнем, але і передбачувати властивості будь-якої майбутньої системи з повного сімейства конкуруючих систем.

Серед відомих рівнянь динаміки та статички нами поки що не було виявлено жодного придатного для досягнення названої стратегічної мети. Тому була запропонована статична проста логікоматематична модель [4] системи з вільними зв'язками ланок. Логіко-математична статична модель діючої системи має вигляд

$$BTC_I \equiv \{ [P \circ I \circ C \circ K] \rightarrow (M = 1; \Delta M = 1) \}, \quad (2.2)$$

де $\equiv$ - знак еквівалентності; P, I, C, K - ланки: оператор, інструмент, станок, клієнт; $\circ$ - знак ієрархічної залежності; $\rightarrow$ - знак продуктивної дії системи; $M=1$ - істина створення продукту до даного моменту; $\Delta M = 1$ -

істина природи продукції в даний момент.

У режимі очікування клієнта фактори змінюють значення: $K = \emptyset$ (порожня множина, нуль) і $\Delta M = \emptyset$

У режимі самовідновлення (ремонт і техдогляду) $K = \emptyset$; $M = \emptyset$; $\Delta M = \emptyset$ В режимі бездіяльності $\Pi = \emptyset$; $K = \emptyset$; $M = \emptyset$; $\Delta M = \emptyset$.

Виявилось, що вираз 2 володіє принциповою новизною. Підтвердженням такого твердження виявилось те, що на його основі нам вдалося [12] вирішити одну із найбільш складних математичних задач 20 сторіччя - антиномію Рассела 1902 року [13]. Задача залишалась не вирішеною з 1992 року. Математики вважають, що для вирішення задачі-антиномій потрібно створення [13] нових теорій, тому розроблена у роботі теорія характеризується новизною.

2.5 Код, ранг та технічний рівень системи

Напишемо у загальному вигляді значення чисел функцій у порядку ієрархії ланок так, щоб з них отримало чотиризначне число (код системи)

$$K_i = abed, \quad (2.3)$$

де K_i - код системи, який відображає i -ий стан системи за рівнем функціональної досконалості;

a, b, e, d - числа корисних функцій ланок Π, I, C, K .

Апробація запису кодів конкретної [2, 3, 4] системи показала, що суб'єктивно якісне зростання функціональної досконалості обов'язково супроводжується збільшенням хоча б одного із чисел a, b, e, d , тобто збільшенням числа функцій відомих ланок. Однак при цьому спостерігається одночасне зворотне зменшення чисел ступенів вільності або чисел функцій ведучої ланки O -оператора. Але таке зменшення іде стрибкоподібно: після деякого квантового накопичення чисел функцій відомих ланок. Тут ми маємо справу із законом стрибкоподібного "переходу кількості в якість" [14, 15] та із законом боротьби з протилежностями. Таким

чином, технічне вдосконалення системи передбачає вдосконалення відомих зв'язків при одночасному вивільненні у запасі функцій ведучої ланки. Таке ж явище спостерігається для властивостей хімічних елементів залежно від їх валентності. Тому ми вводимо нове поняття “валентності оператора системи”. Фізичний зміст валентності ланки “оператора” таке: число валентності - це число функцій, що вивільняються оператором за рахунок удосконалення ведених ланок. Валентність розраховується шляхом інверсії числа “ a ” (у валентності $\bar{A}$) за формулою

$$\bar{A} = G - a = 6 - a, \quad (2.4)$$

де G - максимальне число ступенів вільності оператора у моделі системи; a - число ступенів вільності або функцій оператора у даному варіанті системи.

Шуканий критерій вимірювання функціонального досконалості (технічного рівня) отримується шляхом заміни числа « a » на число « $\bar{A}$ » у коді системи. Так, технічний рівень можна розрахувати за формулою

$$F_i = \bar{A} b e d, \quad (2.5)$$

де F_i - абстрактне відображення технічного рівня i -го варіанта системи.

Величина F_i є не просто набором цифр $\bar{A}$, b , e , d , а являє собою чотиризначне число семичного обчислення. У достатньо високому наближенні число F_i складає новий критерій прямого кількісного вимірювання технічного рівня у чистому вигляді без впливу на нього будь-яких факторів експерименту, що можуть давати похибки у системі оцінки. До таких факторів відносяться: якість виготовлення машинних ланок, кваліфікація кадрів, вартість техніки та енергії, властивості ланки «клієнт» та інші.

Новий критерій F_i назвемо *рангом систем* або функціональним (технічним, біотехнічним) рівнем її досконалості. У числі F_i вдосконалення системи супроводжується ростом хоча б одного (або всіх відразу) факторів, що його утворюють, тобто факторів $\bar{A}$, b , e , d . Це спрощує аналіз системи за

порівнянням з аналізом їх за кодами системи.

Оскільки F_i є не набором цифр, а чотиризначне число семичного обчислення, то фактор “ d ” складається з мінімальних одиниць технічного рівня: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Назвемо цю одиницю вимірювання технічного рівня *єдиним рангом*. Тоді будь-яка система може бути виміряна числом F_i одиничних рангів. Далі для скорочення будемо використовувати термін «одиничний», а слова «технічний рівень системи» будемо замінювати на «ранг системи» або просто «ранг», тобто рівень. Співвідношення максимальних значень факторів такі: кожен порядок факторів містить у 7 разів більше одиничних рангів, ніж у дійсній кількості факторів.

Таким чином мінімальне співвідношення порядків факторів таке:

$$F_i : \bar{A} : b : e : d = 2401 : 343 : 49 : 7 : 1.$$

У складних системах, що містять 5, 6, 7 ... N ланок, технічний рівень також буде вимірюватися числами одиничних рангів.

Сформулюємо поняття технічного рівня.

***Технічний рівень* — є кількісно виражений етап еволюційного функціонального розвитку об'єкта як біотехнічної системи.**

Технічна система - це варіант більш загальної біотехнічної системи або варіант ланки, що входить у біотехнічну надсистему.

Нижче ми показуємо, що у принципі можна розрахувати або виміряти функціональну досконалість навіть біосистем.

Валентність

У 1904 р Ріхард Абегг ввів поняття про позитивну та негативну валентність хімічних елементів [24].

Позитивна валентність у системі Менделєєва Д.І. зростає зверху донизу. Оскільки наша “періодична таблиця систем” симетрична “періодичній системі елементів” Менделєєва Д.І. щодо діагоналі таблиць, то в нашій таблиці позитивна валентність (якщо вона існує) повинна

зростати зліва направо, тобто із зростанням номерів розряду систем. Фізичний зміст такого явища пояснюється вивільненням ручних операцій за допомогою розвитку ланки “інструмент”. Отже, чим більше номер розряду систем, тим більше вписувалося позитивна валентність систем, та тим більше ручних функцій оператора перебирає ланка “інструмент”.

Негативна валентність у системі Менделєєва зростає зліва направо, а нашої таблиці - зверху донизу. Фізичний зміст такого явища полягає у вивільненні функцій переміщення тіла оператора у просторі за рахунок розвитку ланки “верстат”. Тому чим більше клас систем, тим більша негативна валентність систем, тим менше ланка “оператор” має функцій із переміщення у просторі.

Конарьов Б.М. в огляді з історії хімії [24] зазначає, що за Аббегом сума позитивних та негативних валентностей завжди дорівнює восьми; дослідження характеристики «валентність» у хімії не завершено.

У нашій теорії так само потрібно додаткове дослідження, щоб встановити додаткову необхідну інформацію про валентність.

Оскільки шкала ланки “оператора” у періодичній таблиці систем є перекинутою та визначає не число функцій ланки, а число валентності; оскільки шкала ланки “верстат” у тій же таблиці є підкласом і також перекинута, але виражає число функцій; то виникає задача обґрунтувати знак валентності ланки "верстат".

Після встановлення знаку валентності ланок “верстат”, “регулятор” та “каталізатор” (стимулятор) потрібно перевірити, чи не є сума позитивних та негативних валентностей постійною та у біотехнічних системах за аналогією із сумою (за Аббегом) у хімії. Цю гіпотезу залишимо на вирішення у майбутньому.

Таблиця 2.4.

Здійснені фантазії

Автори	Загальна кількість фантастичних ідей	Реалізація ідей					
		Збулося чи майже збулося		Підтверджено у принципі		Виявилися хибними	
		число	%	число	%	число	%
Ж. Верн	108	64	59	34	32	10	9
Г. Уеллс	86	57	66	20	23	9	11
А. Беляєв	50	21	42	26	52	3	5

Проте фантастичні ідеї неможливо науково оформити ні кількісно, ні якісно, тобто ні при допомозі математичного алгоритму, ні оцінкою за схемою "гірше-краще". Більшість винаходів у середні віки та пізніше спочатку впроваджувалися (наприклад, парова машина, повітряна куля, двигуни внутрішнього згорання, літак), а потім науково пояснювались і вдосконалювались. Можна відзначити, що ідеї проходять такі етапи [20]:

- Виникнення потреби.
- Формулювання головної корисної функції (ГКФ).
- Синтез технічної системи.
- Збільшення ГКФ є спробою "вичавити" з МС більше, ніж вона може дати.
- Погіршення частини МС: поліпшення одного чинника приводить до погіршення іншого, що приводить до технічного протиріччя (ТП).
- Формулювання та вирішення винахідницької задачі із залученням знань у науці, техніці та навіть у культурі.
- Використання винаходу, тобто зміна технічної системи.
- Збільшення ГКФ (крок 4) тощо.

У попередніх розділах було показано як досягається передбачення властивостей майбутніх, нерозроблених поки що систем. На прикладі систем доїння було передбачено докладну технологічну характеристику

системи доїння, що має ранг $F_7 = 5555$. Однак читачеві залишилося незрозумілим: чому потрібно налагодити виробництво цілого розмірного ряду системи $F_7 = 5555$? А саме: розмірний ряд повинен мати таку кількість верстатів (і апаратів):

$$A = |3| = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 \text{ та } 60 \text{ верстатів.}$$

2.7 Періодична таблиця систем

Перейдемо до обґрунтування таблиці систем, що є аналогічна таблиці Менделєєва Д.І. (“Періодична система елементів”).

Можна стверджувати, що таблиця Менделєєва Д.І. володіє характеристиками як класифікації елементів та передбачуваності або прогнозованості властивостей елементів [17, 18].

Однак класифікацію системи ми вже у принципі могли б обґрунтувати, володіючи натуральним рядом з рангів систем у семичному обчисленні. Нагадаємо, що натуральний ряд рангів характеризує еволюційний шлях розвитку системи. Але діалектика визначається й іншим, а саме, революційним або стрибкоподібним шляхом, наприклад, за законом переходу кількості змін у якісні зміни [14, 15]. У принципі передбачувані властивості системного натурального ряду рангів можна показати. Однак послідовний запис повного ряду рангів, хоча і обмеженого кількісно, дуже громіздка і тому призводить до незручності виявлення саме властивості передбачуваності. Таблична форма запису ряду рангів є компактною та, окрім наочності класифікаційних властивостей, упорядкування та компактності запису дозволить виявити саме властивості передбачуваності поведінки або характеристики системи.

З таблиці 2.4 випливає, що чим більше ланок у системі, тим більше знаків у ранзі та тим більше самих чисел рангів. Тому спочатку обмежимося побудовою періодичної таблиці тільки для елементарних (4-ланкових) систем.

Згідно квантового закону численної обмеженості системи таблиця повинна містити (формула 2.1) не більше $F_c = S^R = 7^4 = 2401$ варіантів систем.

Таким чином, таблиця повинна мати 2401 клітину; тобто складатися з 49 колонок і 49 рядків. Тоді загальне число клітин у таблиці буде рівним максимальному числу елементарних конкуруючих абстрактних систем, тобто 49 колонок з 49 рядків складає 2401 клітин, створюючи систему.

Розіб'ємо 49 рядків на 7 класів, а 49 колонок на 7 розрядів. Тоді у кожному класі виходить по 7 рядків, що позначають як 7 підкласів, а у кожному розряді по 7 колонок, що позначають як 7 підрядків. Залишається пронумерувати класи: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 зверху донизу, так як чисельно вони рівні валентності оператора: у вигляді інверсії чисел ступенів вільності за формулою 2.4. Інверсія диктує зворотний порядок запису чисел, тобто зверху донизу. На протилежному боку таблиці робимо нумерацію підкласів. Номера розрядів зліва направо позначаємо у шапці таблиці, а номери підрозрядів - під таблицею. Координати будь-якої клітини знаходяться за простою послідовністю обліку: клас, розряд, підклас, підрозряд. Таким чином, таблицю не обов'язково заповнювати числами рангів, так як числа рангів визначаються за координатами клітин. У лівому верхньому куті клітина має координати $F_I = 0000$; у правому верхньому куті $F_{301} = 0606$; у лівому нижньому куті $F_{2101} = 6060$, а у правому нижньому куті $F_{2401} = 6666$. Індекс позначає порядковий номер системи у десятичному обчисленні, а ранги мають число семичного обчислення. Для переведення семичних чисел рангів у десятичні достатньо з порядкового номера відняти одиницю. Тоді відповідно отримуємо $F_I = 0$, $F_{301} = 300$, $F_{2101} = 2100$, $F_{2401} = 2400$ єдиних рангів десятичного числення.

Безцифрова форма «системи періодичної таблиці» наведена на рисунку 2.2, а цифрова - у таблицях додатків:

- ✓ Періодична таблиця елементарних систем (табл. 2.5).
- ✓ Порядкові номери елементарних систем (табл. 2.6).

Революційний напрям розвитку системи повинен мати найкоротший шлях розвитку від системи з меншим рангом до системи з вищим рангом, тобто від системи F_1 , до системи F_{2401} (табл. 2.7).

Представлений вище шлях наочно демонструється на рис. 2.1 та у таблиці 2.5: це діагональ із верхнього лівого кута до правого нижнього. Назвемо цю діагональ *вектором прогресу елементарних систем*. Таким чином, вектор прогресу співпадає з напрямком революційного шляху розвитку системи, є найбільш коротким шляхом розвитку: він перетинає всього 49 клітин таблиці на рис. 2.1.

На рис. 2.1 вказані порядкові номери системи на векторі прогресу. Всередині одного класу стрибкоподібний революційний розвиток здійснюється через 8 рангів. При переході від класу до класу стрибок (по діагоналі таблиці) відбувається через 400 рангів. Таким чином, революційний шлях розвитку системи здійснюється квантами (стрибками) по 8 і 400 рангів. Ранги реальних систем варіюються навколо вектору прогресу, що ілюструється, наприклад, розвитком доїльних систем [2, 3, 4]. Кванти еволюційного розвитку є іншими: 1, 7, 49, 343 і 2401 рангів.

У “періодичній таблиці систем” виявлена наступна координатна концентрація властивостей систем.

Таблиця 2.5. Періодична таблиця біотехнічних систем. 1. Матриця рангів біотехнічних систем.

Розряди										1										2										3										4										5										6									
0										1										2										3										4										5										6									
0000	0001	0002	0003	0004	0005	0006	0100	0101	0102	0103	0104	0105	0106	0200	0201	0202	0203	0204	0205	0206	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0400	0401	0402	0403	0404	0405	0406	0500	0501	0502	0503	0504	0505	0506	0600	0601	0602	0603	0604	0605	0606	0																				
0010	0011	0012	0013	0014	0015	0016	0110	0111	0112	0113	0114	0115	0116	0210	0211	0212	0213	0214	0215	0216	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0410	0411	0412	0413	0414	0415	0416	0510	0511	0512	0513	0514	0515	0516	0610	0611	0612	0613	0614	0615	0616	1																				
0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0120	0121	0122	0123	0124	0125	0126	0220	0221	0222	0223	0224	0225	0226	0320	0321	0322	0323	0324	0325	0326	0420	0421	0422	0423	0424	0425	0426	0520	0521	0522	0523	0524	0525	0526	0620	0621	0622	0623	0624	0625	0626	2																				
0030	0031	0032	0033	0034	0035	0036	0130	0131	0132	0133	0134	0135	0136	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0330	0331	0332	0333	0334	0335	0336	0430	0431	0432	0433	0434	0435	0436	0530	0531	0532	0533	0534	0535	0536	0630	0631	0632	0633	0634	0635	0636	3																				
0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0140	0141	0142	0143	0144	0145	0146	0240	0241	0242	0243	0244	0245	0246	0340	0341	0342	0343	0344	0345	0346	0440	0441	0442	0443	0444	0445	0446	0540	0541	0542	0543	0544	0545	0546	0640	0641	0642	0643	0644	0645	0646	4																				
0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0150	0151	0152	0153	0154	0155	0156	0250	0251	0252	0253	0254	0255	0256	0350	0351	0352	0353	0354	0355	0356	0450	0451	0452	0453	0454	0455	0456	0550	0551	0552	0553	0554	0555	0556	0650	0651	0652	0653	0654	0655	0656	5																				
0060	0061	0062	0063	0064	0065	0066	0160	0161	0162	0163	0164	0165	0166	0260	0261	0262	0263	0264	0265	0266	0360	0361	0362	0363	0364	0365	0366	0460	0461	0462	0463	0464	0465	0466	0560	0561	0562	0563	0564	0565	0566	0660	0661	0662	0663	0664	0665	0666	6																				
1	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	0																			
10	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1																			
1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	2																				
1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	3																				
1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	4																				
1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	5																				
1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	6																				
2	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	0																			
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	1																				
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2																				
2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	3																				
2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	4																				
2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	5																				
3	3000	3001	3002	3003	3004	3005	3006	3100	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3200	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3300	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3400	3401	3402	3403	3404	3405	3406	3500	3501	3502	3503	3504	3505	3506	3600	3601	3602	3603	3604	3605	3606	0																			
3010	3011	3012	3013	3014	3015	3016	3110	3111	3112	3113	3114	3115	3116	3210	3211	3212	3213	3214	3215	3216	3310	3311	3312	3313	3314	3315	3316	3410	3411	3412	3413	3414	3415	3416	3510	3511	3512	3513	3514	3515	3516	3610	3611	3612	3613	3614	3615	3616	1																				
3020	3021	3022	3023	3024	3025	3026	3120	3121	3122	3123	3124	3125	3126	3220	3221	3222	3223	3224	3225	3226	3320	3321	3322	3323	3324	3325	3326	3420	3421	3422	3423	3424	3425	3426	3520	3521	3522	3523	3524	3525	3526	3620	3621	3622	3623	3624	3625	3626	2																				
3030	3031	3032	3033	3034	3035	3036	3130	3131	3132	3133	3134	3135	3136	3230	3231	3232	3233	3234	3235	3236	3330	3331	3332	3333	3334	3335	3336	3430	3431	3432	34334																																						

Таблиця 2.6. Періодична таблиця біотехнічних систем. 2. Порядкові номера рангів в періодичній таблиці

Розряди										6									
0										5									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	101	102	103	104	105	148	149	150	151	152
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	108	109	110	111	112	155	156	157	158	159
15	16	17	18	19	20	21	64	65	66	67	68	69	70	71	116	117	118	119	120
22	23	24	25	26	27	28	71	72	73	74	75	76	77	120	121	122	123	124	125
29	30	31	32	33	34	35	78	79	80	81	82	83	84	127	128	129	130	131	132
36	37	38	39	40	41	42	85	86	87	88	89	90	91	134	135	136	137	138	139
43	44	45	46	47	48	49	92	93	94	95	96	97	98	141	142	143	144	145	146
344	345	346	347	348	349	350	99	392	393	394	395	396	397	398	399	440	441	442	443
351	352	353	354	355	356	357	400	401	402	403	404	405	406	451	452	453	454	455	456
358	359	360	361	362	363	364	407	408	409	410	411	412	413	456	457	458	459	460	461
365	366	367	368	369	370	371	414	415	416	417	418	419	420	463	464	465	466	467	468
372	373	374	375	376	377	378	421	422	423	424	425	426	427	470	471	472	473	474	475
379	380	381	382	383	384	385	428	429	430	431	432	433	434	477	478	479	480	481	482
386	387	388	389	390	391	392	435	436	437	438	439	440	441	484	485	486	487	488	489
687	688	689	690	691	692	693	736	737	738	739	740	741	742	785	786	787	788	789	790
694	695	696	697	698	699	700	743	744	745	746	747	748	749	792	793	794	795	796	797
701	702	703	704	705	706	707	750	751	752	753	754	755	756	799	800	801	802	803	804
708	709	710	711	712	713	714	757	758	759	760	761	762	763	806	807	808	809	810	811
715	716	717	718	719	720	721	764	765	766	767	768	769	770	813	814	815	816	817	818
722	723	724	725	726	727	728	771	772	773	774	775	776	777	820	821	822	823	824	825
729	730	731	732	733	734	735	778	779	780	781	782	783	784	827	828	829	830	831	832
1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1128	1130	1131	1132	1133	1134
1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1135	1136	1137	1138	1139	1140
1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1142	1143	1144	1145	1146	1147
1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1149	1150	1151	1152	1153	1154
1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1156	1157	1158	1159	1160	1161
1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1163	1164	1165	1166	1167	1168
1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1170	1171	1172	1173	1174	1175
1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1471	1472	1473	1474	1475
1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1478	1479	1480	1481	1482	1483
1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1485	1486	1487	1488	1489	1490
1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1492	1493	1494	1495	1496	1497
1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1499	1500	1501	1502	1503	1504
1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1506	1507	1508	1509	1510	1511
1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1513	1514	1515	1516	1517	1518
1716	1717	1718	1719	1720	1721	1722	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1811	1815	1816	1817	1818	1819
1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1772	1773	1774	1775	1776	1777	1778	1824	1825	1826	1827	1870	1871
1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1828	1829	1830	1831	1832	1833
1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1835	1836	1837	1838	1839	1840
1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1842	1843	1844	1845	1846	1847
1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1849	1850	1851	1852	1853	1854
1758	1759	1760	1761	1762	1763	1764	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1856	1857	1858	1859	1860	1861
2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2157	2158	2159	2160	2161	2162
2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2164	2165	2166	2167	2168	2169
2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2171	2172	2173	2174	2175	2176
2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2178	2179	2180	2181	2182	2183
2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2185	2186	2187	2188	2189	2190
2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2192	2193	2194	2195	2196	2197
2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2199	2200	2201	2202	2203	2204
0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5
Підкласи										Класи									

Таблиця 2.7

Револьюційний шлях розвитку елементарних систем

Класи	Розряди						
	0	1	2	3	4	5	6
	Порядкові десяткові номери систем						
0	1	9	17	25	33	41	49
1	393	401	409	417	425	433	441
2	785	793	801	809	817	825	833
3	1177	1185	1193	1201	1209	1217	1225
4	1569	1577	1585	1593	1601	1609	1617
5	1961	1969	1977	1985	1993	2001	2009
6	2353	2361	2369	2377	2385	2393	2401

У лівому верхньому кутку таблиці зосереджені ранги систем з простим набором функцій. Основну роботу виконує «оператор»: працівник, тварина, рослина, мікроорганізм, джерело енергії; що володіє такими простими інструментами, як ніж, важіль, камінь, палка, спис, зуби, молоток, лом, фермент, промені, залози тощо. Прості машини або механізми представлені таким оснащенням, як трубка духової рушниці, опора важелю, стіл, дорога, корпус м'ясорубки та інші.

Правий верхній кут має ранги системи з надмірно складним інструментом, але з простішим оснащенням, який можна ототожнити із морально застарілою ланкою «станок».

Лівий нижній кут вибирає ранги системи як би з морально застарілим «інструментом», але з дуже складними «верстатами».

Правий нижній кут таблиці концентрує прогресивні системи, що прагнуть до повної автоматизації їх роботи з символічною участю ланки «оператор». Повністю автоматизовано працюють 4-ланкові або елементарні системи, що мають ранг $F_{2401} = 6666$.

Далі представляємо *еквівалентність графічного координатного запису, аналітичного рангового запису* та лінійного або кортежного запису кількісного виразу рівняння функціонально досконалості.

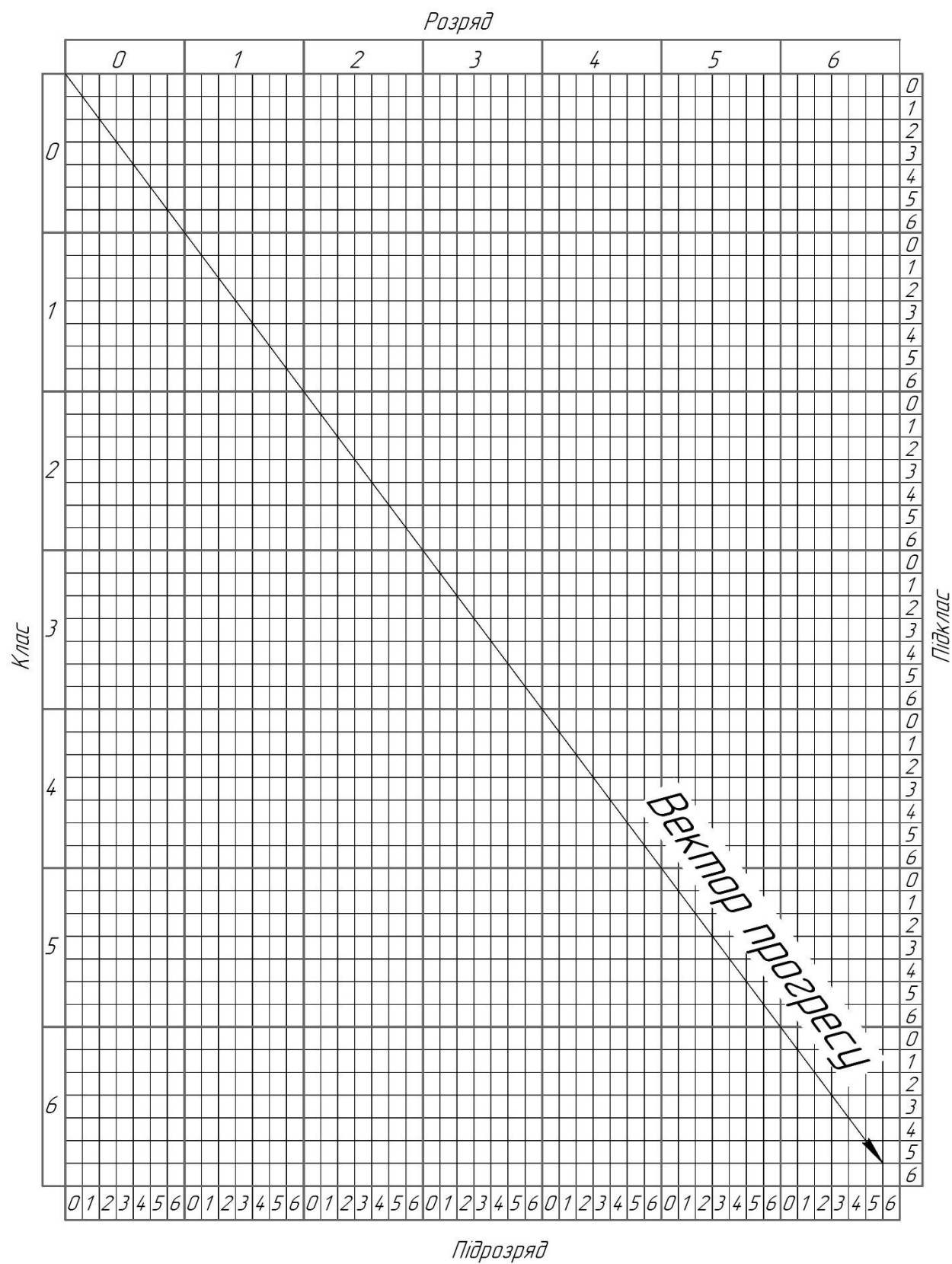


Рис. 2.1 Безцифрова періодична таблиця систем (матриця винаходів)

Для вимірювання будь-якого рівня потрібна лінійка. Наша умовна абстрактна лінійка є такою шкалою, яка має 2401 поділок, тобто вимірювальна площа, що вміщує всі можливі варіанти вдосконалення елементарних (4-ланкових) систем. Всю шкалу розбиваємо на 7 класів, що містять по $2401:7=343$ поділок. Кожен клас розбиваємо на 7 розрядів по $343:7=49$ поділок. Кожен розряд поділяється на 7 підкласів $49:7=7$ поділок. І, нарешті, підклас ділимо на 7 підрозрядів по $7:7=1$ поділок. Таким чином не є складним зробити розбивку для всіх 2401 поділок, але складає найбільш громіздкий запис чисел рангів.

Число F ранга семичного числення (формула 2.5) точно записує аналітичну лінійну форму запису функціонального рівня, що описується як

$$F = \bar{A} b e d$$

Остання позиція числа (d) має 7 одиниць, включаючи нульове значення, тобто 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Попередня позиція числа (e) також має 7 одиниць, але будь-яка з них є більшою у 7 разів, ніж у ланці d , тобто у другій позиції. Тут діють відомі правила будь-якого позиційного числення. Ми маємо справу з семичним позиційним числом за 7, 49, 343, 2401 ... одиниці у позиціях. Таким чином, аналітичний запис ранга є еквівалентним лінійному запису системи, але робить її максимально компактною та абстрагованою.

Така таблична форма представлення інформації є докладним записом всіх чисел F_i , використовуючи правила європейської письменності (зліва-направо-донизу) і позиційного числення для формування компактної форми таблиці. З усіх 3 форм запису достатньо наочним є лінійний і табличний, але найбільш коротким або компактным і абстрагованим є запис у вигляді формули 2.5. Усі 3 форми рівноцінні, хоча і мають свої переваги та недоліки.

Табличний запис можна легко відобразити не тільки за принципом європейської письменності (зліва-направо-донизу), але й за іншими принципами, зокрема, єврейський: з права-наліво-донизу; китайський:

зверху-донизу-наліво та інші.

Семичне число нам прийшло у зв'язку з використанням декартових координат. Використання іншої системи координат вимагає визначення технічного рівня в інших обчисленнях. Однак декартові координати є найбільш прості, тому доцільно їх використовувати для вимірювання технічного рівня.

2.8 Багатоланкові системи

Розраховуємо максимальні числа рангів за класами для 4, 5 і 6 - ланкових систем. Результати розрахунку наведемо у таблицю 2.8, із якої видно, що число семичних знаків у числі рангів системи завжди дорівнює числу ланок у системах. У десятичних рангах такого обов'язкового співпадіння не повинно бути. Таким чином представлено скорочений запис етапів розвитку системи з квантом по 343 рангу, тобто тільки по класам. Всі проміжні ранги опускаємо.

Таблиця 2.8 буде для нас грати роль визначника позицій класів, підперіодів і періодів системи. У дану таблицю включено тільки 7 з 49 підперіодів 6 - сполучних систем із міркувань, що практично нам не потрібно мати справу з більш складними системами.

А тепер робимо припущення про роль ланок, наприклад, у 6 –ланковій системі. Попередні пропозиції такі:

- ланка $\psi = 6 = П$ - ведуча командна ланка, “оператор”, мозок;
- $\psi = 5 = P$ - нова “регулююча” систему ланка.

У живих системах цю роль відіграє одночасно нервова система і система залоз внутрішньої секреції. Хоча буде правильним віднести нервову систему до ланки $\psi = 6$ мозку.

Підготовчою є ланка $\psi = 4 = Г$. У живих системах роль даної ланки здійснюють губи, зуби, мова, глотка, шлунок, кишковий тракт. У технічних системах такі ланки зазвичай очевидні: підготовка (наладка) ланок системи і сировини. Тому можна назвати дану ланку як “стимулятор” (каталізатор).

Таблиця 2.8

Класифікаційний визначник: максимальні числа рангів за класами

Період	0*	0 (п'ятиланкові системи)						1 (шестиланкові системи)						6 і т.д.	
Підперіод	0*	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6 і т.д.	
Клас		Панги у семичному численні													
	0	0666	10666	20666	30666	40666	50666	60666	100666	110666	120666	130666	140666	150666	160666
	1	1666	11666	21666	31666	41666	51666	61666	101666	111666	121666	131666	141666	151666	161666
	2	2666	12666	22666	32666	42666	52666	62666	102666	112666	122666	132666	142666	152666	162666
	3	3666	13666	23666	33666	43666	53666	63666	103666	113666	123666	133666	143666	153666	163666
	4	4666	14666	24666	34666	44666	54666	64666	104666	114666	124666	134666	144666	154666	164666
	5	5666	15666	25666	35666	45666	55666	65666	105666	115666	125666	135666	145666	155666	165666
6	6666	16666	26666	36666	46666	56666	66666	106666	116666	126666	136666	146666	156666	166666	
		Ранги у десятиковому численні													
0	342	2743	5144	7545	9946	12347	14748	17149	19550	21951	24352	26753	29154	31555	
1	685	3086	5487	7888	10289	12690	15091	17492	19893	22294	24695	27096	29497	31898	
2	1028	3429	5830	8231	10632	13033	15434	17835	20236	22637	25038	27439	29840	32241	
3	1371	3772	6173	8574	10975	13376	15777	18178	20579	22980	25381	27782	30183	32584	
4	1714	4115	6516	8917	11318	13719	16120	18521	20922	23323	25724	28125	30526	32927	
5	2057	4458	6859	9260	11661	14062	16463	18864	21265	23666	26067	28468	30869	33270	
6	2400	4801	7202	9603	12004	14405	16806	19207	21608	24009	26410	28811	31212	33613	

Примітка: 1) для періоду шестиланкових систем наведено лише перші 7 із 49 підперіодів; 2) 0* - чотириланкові (елементарні системи).

Нижчі ланки виконують яскраво визначені такі функції:

- $\psi = 3 = I$ - ланка “інструмент” складає виконавчі функції;
- $\psi = 2 = I$ - ланка “станок” є напрямною та посилюючою ланкою;
- $\psi = 1 = K$ - ланка “клієнт” або споживач, що обслуговується.

Можна припустити, що у живих організмах роль «інструмента» грають м'язи, роль «станка» - кістки, стебла, стовбури дерев, а роль «клієнта» - органи обміну речовин: легені, кров із системою кровообігу і мембрани разом з клітинами, в яких йде обмін речовин, а також, коренева система рослин і капілярні судини тканин.

Біологи припускають, що людина має від 30 до 100 тисяч генів. Якщо припустити, що кожен ген еквівалентний нашому рангу та відповідно числу кількісних і якісних функцій та інших ознак, то, як впливає з таблиці 2.5, людський організм при $F = 30869$ складається з 6 ланок, кожна з яких має по 4 підсистеми першого рівня (24 підсистеми), 96 підсистем другого рівня, 384 підсистеми третього рівня і т.д. Таке обчислення можна вести навіть до рівня клітин, які теж, у свою чергу, зведуться до 4 підсистем, тобто до 4 атомів: водень, кисень, азот, вуглець. За приведеної систематизації очевидно, що людина у своєму розвитку пройшла не менше 89 етапів або класів (при $F_{10} = 30869$), за 343 рангом (кроком еволюції) у класі, а всього більше 30 тисяч прогнозованих кроків за генних ознак.

Нижче ми зробимо розрахунок технічного рівня складної системи заводу з виробництва зелених протеїнових білкових концентрованих кормів.

При необхідності розрахунку 7-ланкової системи ми введемо нову ланку між “оператором” та “інструментом”, обґрунтував свою роль і уточнене місце в ієрархічному ланцюгу ланок.

Що стосується живих тварин, то у механіці практична потреба розрахунків буде викликана, у першу чергу, взаємодією організмів у всій системі (у БТС), а не структурним аналізом самих організмів. Для генетиків,

навпаки, більш важливий структурний аналіз, що розпізнає неповторність об'єкта дослідження та його властивості.

З таблиці 2.8 також можна спостерігати, що багатоланкові системи складені з елементарних систем. Фактично, різниця рангів двох сусідніх класів завжди постійна й дорівнює 343. Завжди постійною є також різниця рангів двох сусідніх півперіодів, що становить рівно 2401 рангів, тобто ємність одного періоду дорівнює ємності сімейства елементарної системи. Таким чином, складні багатоланкові системи складені чисельно із стандартних “цеглинок”, що являють собою елементарні системи. Оскільки чисельність системи (табл. 2.3) завжди постійна у будь-якому підперіоді, то вектор прогресу за своїм напрямом у будь-якому з підперіодів (незалежно від числа ланок у системах) точно відповідає його напрямку у сімействі (підперіоді) елементарних систем. У протилежному випадку підперіод містив би більше ніж 2401 систем, що суперечило б результатам розрахунку (табл. 2.2).

Еволюція розвитку системи заснована на постійній зміні функцій нижчих ланкових систем, які стимулюють розвиток вищих ланок квантовими стрибками. Причому розвиток нижчих ланок іде по спіралі, повторюючи одні й ті самі етапи, але на нових рівнях. Один виток відповідає передачі кванту досконалості верхній ланці.

Таким чином, чим менше порядкове число ланки, тим більше ланок схильні швидко повторити і цим змінити свої властивості у процесі еволюційного розвитку системи. І навпаки найбільш консервативною у розвитку є ведуча ланка “оператор”, для живих систем - це мозок. Отже, мозок спочатку схильний швидше створити собі чергову підсистему, чим вирішити революційну зміну своєї структури у глобальному масштабі. Тим не менш, згідно із законом діалектики переходу кількісних змін у якісні, у процесі повільної еволюції ланка «мозок» у системі вимушено здійснює якісні зміни, якщо функціональний рівень системи відповідає цій ситуації

ранга розвитку. Однак, закон природного відбору або конкуренції прогнозує функціонування не всім варіантам розвитку. Оскільки у голові ієрархічного ланцюга розроблених технічних (ТС) і біотехнічних (БТС) систем або у надсистемі завжди стоїть людина, то, по-перше, без неї робота таких систем неможлива. По-друге, людина може бути одночасно представлена у ланцюгах з рівнем, що складає 6, $\psi = 5$ і $\psi = 4$, тому кваліфікація (KB) персоналу у цих ланках повинна мати наступні співвідношення:

$$KB_{\psi=6} : KB_{\psi=5} : KB_{\psi=4} = 49:7:1,$$

що відповідає рівням *керівника: спеціаліста: робітника*.

По третє, людина, яка працює у системі низького класу, ніколи не досягає високих показників, наприклад, не досягає високої продуктивності праці. Та навпаки, висока продуктивність досягається за рахунок машини високого технічного рівня при високій кваліфікації персоналу або хоча б при високій кваліфікації розробника (винахідника) машини. Він (винахідник) знаходиться у надсистемі, що відповідає творчій еліті цивілізації.

Кваліфікація номінально складає базові знання та їх поглиблення у результаті тренування. Таким чином, мозок всіх людей структурно є практично однаковим, а кваліфікація являє собою придбану властивість досконалого функціонування системи. Собака багаторазово перевершує людину за розпізнаванням запахів, а мавпи зовсім їх не розпізнають; хоча й існують люди, які тимчасово здатні розпізнавати запахи, що можуть бути зрівняні із тваринними. Останній результат є теоретично можливим такими шляхами: 1) підключенням функціонально паралельної підсистеми мозку для виконання тимчасової функції, наприклад, розпізнавання запаху; 2) підключенням (тимчасово) паралельної підсистеми в якості підсилювача запахових сигналів. Обидва шляхи вимагають тренуваності. Тому тренування складає основний шлях успіху спортсменів, циркових артистів і всіх професій без виключення.

Навчання правилам видобутку їжі (або харчовим технологіям у виробничому аспекті) та правилам виживання проходять в тій або іншій мірі дитинчата більшості тварин, особливо стадних.

Так, ролі елементів 6 -ланкових систем орієнтовно можна представити наступним чином.

1. O – оператор: командна ланка.
2. P – регулятор: регулююча.
3. G - каталізатор, стимулятор: підготовча.
4. I – інструмент: виконавча.
5. B – станок: напрямна або посилююча.
6. K – клієнт: обслуговувана ланка.

На основі представленої інформації можна представити наступну **класифікацію складних біотехнічних систем.**

Число ранга F_i містить у собі всі класифікаційні ознаки системи. Більш переконливо і детально ми підтверджуємо це нижче. А зараз тільки вказуємо, що номер позиції (ψ) цифри у багатозначному ранзі одночасно носить визначення ознак класифікації системи.

1. *Підрозряд* систем має найменші одиниці вимірювання технічного рівня. Останній фактор (d) у ранзі одночасно вимірює підрозряд системи. Таким чином, число функцій ланки (d) “клієнт” чисельно дорівнює числу підрозряду: $d = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$, а число підрозрядів дорівнює числу одиничних рангів.

2. *Підклас* системи чисельно дорівнює числу (e) функцій ланки “станок” у діапазоні системи: $e=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ підкласів.

3. *Розряд* систем чисельно дорівнює числу (b) функцій ланки “інструмент” з урахуванням числа функцій, переданих від ланки “станок” (см. нижче): розряд складає третю позицію $\psi = 3$ чисел.

4. *Клас* у ранзі елементарних систем вимірюється четвертою ($\psi = 4$)

цифрою (позицією) з права-наліво у числі ранга. Валентність оператора завжди позначається вищим фактором, тому оператор у 6 -ланкових БТС має $\psi = 4$

3. *Підперіод* системи чисельно дорівнює п'ятій цифрі ($\psi = 5$) у числі рангу.

4. *Період* системи описується (див. табл. 5) шостій цифрі ($\psi = 6$) в числі ранга.

Чотириланкові та п'ятиланкові системи, що не мають у діапазоні шостої цифри, формально можна розглядати як систему нульового періоду. Вони спільно утворюють 7 підперіодів першого періоду (табл. 2.5). Формально вище «періодів» може бути, наприклад, «Ера», однак практичного застосування найближчим часом воно поки не знайде. У наших практичних розрахунках ми обмежуємося 4, 5 і 6 -ланковими системами (див. табл. 2.2 і 2.5).

Для перерахунку чисел рангів із семичного обчислення у десятичні використали наступну методику.

Розкладали числа F_i рангів у порядку їх збільшення; у результаті отримали натуральний ряд чотиризначних чисел семичного числа. Такий ряд відображає еволюційний шлях розвитку елементарних систем:

$$F_{i7} = 0000, 0001, 0002, \dots, 6665, 6666$$

У десятичному обчисленні цей же ряд буде представлений таким рядом:

$$F_{i10} = 0, 1, 2, 3, \dots, 2399, 2400$$

Порядковий номер () рангів в обох рядах в десятковому обчисленні буде більше на одиницю, що відображає ряд

$$L_{i10} = F_{i10} + 1 = 1, 2, 3, \dots, 2400, 2401 \quad (2.8)$$

Ряд семичного обчислення є зручним для підрахунку чисел ступенів вільності (чисел функцій) ланок. Однак ряд десятичного обчислення є більш зручним через навички широкого використання саме десятичного рахунку.

Такий метод рекомендується при вимірюванні технічних рівнів та особливо є зручним при визначенні різниці технічних рівнів конкуруючих систем, відзначається компактністю при записі чисел.

Різниця технічних рівнів дорівнює різниці десятичних рангів систем, які порівнюються:

$$\Delta F_{10} = F_{i10} + F_{(i+j)10} \quad (2.9)$$

де ΔF - різниця технічних рівнів; i - **п**орядковий номер системи, j - різниця порядкових номерів систем.

Перерахунок чисел рангів із семичного рахунку у десятичний здійснювали за відомим алгоритмом перерахунку [10]

$$F_7 \rightarrow F_{10} = \overline{A_7} \cdot 7^3 + b_7 \cdot 7^2 + e_7 \cdot 7^1 + d_7 \cdot 7^0 \quad (2.10)$$

Реальні складні системи мають, очевидно, 6 - 7 цифрових знаків ранга десятичного рахунку, тому максимальний ланцюг перерахунку чисел із семичного у десятичне обчислення адекватно здійснюється за алгоритмом вигляду

$$F_{10} = \overline{A_7} \cdot 7^5 + a_{2(7)} \cdot 7^4 + a_{1(7)} \cdot 7^3 + b_7 \cdot 7^2 + e_7 \cdot 7^1 + d_7 \cdot 7^0 \quad (2.11)$$

де $A_{(7)}$, $a_{1(7)}$, $a_{2(7)}$, b , e , d - семичні значення цифр у шестизначному ранзі, що чисельно дорівнюють валентності оператора (A) і числам ступенів вільності (числам функцій) ведених ланок: регулятор, каталізатор, інструмент, станок, клієнт.

2.9 Періодичний закон систем

Використовуючи розроблену систематизацію, виявляється можливість адаптувати по відношенню до біотехнічних систем, які розвиваються, аналог “періодичного закону елементів” Д.І. Менделєєва.

Попередньо позначили індексом ψ номери цифрових порядків у діапазоні систем:

$$\psi = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \dots \quad (2.12)$$

Представили дані номери індексів у формулу 6-значного рангу

семичного обчислення

$$F_7 = A_{\psi=6} a_{\psi=5} a_{\psi=4} b_{\psi=3} e_{\psi=2} d_{\psi=1} \quad (2.13)$$

Записали формулу порядкового номера самої системи у вигляді

$$L_{10} = F_{10} + 1 \quad (2.14)$$

Внаслідок того, що у кожного порядку (ψ) цифри у діапазоні при еволюційному (повільному) зростанні досконалості систем значення цифр у факторах тим частіше змінюються, чим менше (ψ) номер порядку, то існують різновеликі кванти факторів та існують різні періоди зміни значень цих факторів. Кванти та періоди можна виразити у кількості одиничних (найменших) рангів досконалості. Далі визначили кількісні значення квантів і періодів.

1. Фактор d змінюється поодиначно, тобто по 1 одиничному рангу. Повний період зміни складе 7 одиничних рангів. Таким чином, квант зміни значення d дорівнює

$$\omega_d = 7^{\psi-1} = 7^{1-1} = 7^0 = 1$$

Період такої зміни складає

$$T_d = 7^{\psi} = 7^1 = 7 \text{ одиничних рангів.}$$

2. Фактор e змінюється квантами по 7 одиничних рангів. При цьому один квант фактора e дорівнює

$$\omega_e = 7^{\psi-1} = 7^{2-1} = 7^1 = 7 \text{ одиничних рангів}$$

Період зміни всіх значень цифр (e) складає

$$T_e = 7^{\psi} = 7^2 = 49 \text{ одиничних рангів}$$

Фактор “ b ” змінюється квантами

$$\omega_e = 7^{\psi-1} = 7^{3-1} = 7^2 = 49 \text{ одиничних рангів}$$

Весь період зміни цифр відбудеться через $T_e = 7^{\psi} = 7^3 = 343$ одиничних рангів

3. Фактор $a_{\psi=4}$ Аналогічно має квант по

$$T_{ah} = 7^{\psi-1} = 7^{4-1} = 7^3 = 343 \quad \text{одиничних рангів}$$

Період зміни всіх значень цифр становить

$$T_{ah} = 7^{\psi} = 7^4 = 240 \text{ одиничних рангів}$$

Фактор $a_{\psi=5}$ має квант $\omega_{a5} = 7^4 = 2401$

Період зміни всіх значень цифр даного фактору становить

$$T_{a5} = 7^5 = 16807 \text{ одиничних рангів.}$$

4. Фактор $a_{\psi=6}$ має квант 16807 і період $7^6 = 117649$ одиничних рангів.

Аналогічну закономірність зростання квантів і періодів залежно від зростання порядкового номера фактору у числі ранга ми будемо мати при будь-якому номері (ψ) ланки. Чим більше номерів, тим більша кількість ланок, тим більше і порядковий номер системи в еволюційно зростаючому ряду систем. Таким чином, величини квантів і періодів залежать від номерів ланок; а значення номерів зростають у напрямку від нижчих ланок до вищих у їх ієрархічному ряду. Кожна змінна цифра у факторі еквівалентна зміні властивості ланки, тобто зміні числа функцій цієї ланки. Чим більше порядковий номер (L) системи, тим більше буде періодів розвитку в кожній із ланок, та відповідно і у системі в цілому.

Такі закономірності розвитку біотехнічних систем дозволяють нам сформулювати “періодичний закон розвитку біотехнічних систем”.
Формулювання періодичного закону біотехнічних систем, що розвиваються є наступною.

В еволюційному ряду розвитку біотехнічних систем властивості ланок та відповідно, і системи, періодично повторюються та змінюються квантами по $7^{\psi-1}$ з періодами по 7^{ψ} одиничних рангів у залежності від зворотних порядкових номерів ψ ланок і від порядкових номерів L систем.

Не важко помітити, що формулювання цього закону аналогічно формулюванню періодичного закону Менделєєва Д.І. При цьому

відмінністю виявилось обмеження чисел квантів і періодів, а замість заряду ядра вказано тільки порядковий номер системи. В атомах заряд чисельно дорівнює порядковому номеру елемента. Таким чином, розроблений закон аналогічний закону Менделєєва Д.І., але описує закономірності явища розвитку біотехнічних (БТС) і технічних (ТС) систем, а не атомів. Як атоми являють собою найбільш прості або елементарні складові простих речовин, так і елементарні БТС і ТС становлять прості системи, що складаються з тіл, машин, продукції, живих організмів.

Проте слід пам'ятати, що повна аналогія між законами мікро- та макросистемами не повинна існувати у принципі, про що і свідчить історія науки [14, 23, 24].

Розділ 3. Основи теорії «квантової механіки» біотехнічних систем

3.1. Основні закони та закономірності теорії біотехнічних систем

3.1.1 Закон квантового розмаїття систем

Позиційний характер семичного обчислення, що був використаний для розрахунку технічного рівня, полегшує нам пояснення переходу кількості в якість при вдосконаленні біотехнічних систем. Найнижча ланка "клієнт" здатна вдосконалюватися, збільшуючи поодинокі кількість своїх функцій. Коли число d досягне 7 одиничних рангів, то відбувається негайна передача цих 7 одиниць у вигляді 1 кванта ієрархічно найбільш важливій ланці "верстат". При цьому ланка "клієнт" знову починає відлік одиничних рангів із нуля. Однак "клієнт" виявляється на новому витку розвитку. Повний еволюційний шлях розвитку вимагатиме від ланки "клієнт" в елементарній системі зробити $2401:7 = 343$ витка розвитку. Кожен новий виток еквівалентний мінімальному приросту якості функціонування ланки "верстат", так як він при цьому отримав один квант $\omega = 7$ одиничних рангів. Кожні 7 витків еквівалентні проходженню 7 періодів підвищення якості ланкою "клієнт". Саме таким еволюційним шляхом відбувся відбір якостей лактуючих (молочних) тварин: кіз, корів, буйволів, верблюдів, кобилиць та інших, серед яких найбільшої якості досягли корови. Якщо у дикому стані досліджувані тварини мали надої 400 - 500 літрів молока за 3 - 4 місяці лактації, то за кілька тисячоліть ручного доїння та відбору корів надої збільшилися спочатку до 1 - 2 тисяч літрів, а за останні 100 років надої досягли 4 - 10 (до 24) тисяч літрів молока від однієї корови на рік (точніше за 10 місяців лактації). Зростання річних надоїв призвело до зростання добових та разових надоїв. Якщо теля у дикому стаді відсмоктує молоко до 12 разів на добу, то людина поступово скоротила кількість доїнь до 3-2 разів

на добу.

Це стало можливим за рахунок відбору корів зі збільшеними розмірами вимені. У свою чергу, зростання разових удоїв вимагало збільшення ємності посуду для збирання молока від маленьких глечиків до величезних 10 – 16 літрових відер. Тоді виявилось, що доїння кількох корів на продаж молока стало стомлюючим; а відро, як примітивний елемент ланки “верстат” володіє недостатньо великою ємністю.

У 1902 році був винайдений доїльний апарат змінного вакууму. Сучасні доїльні системи досягли більшої досконалості у розвитку ланки "верстат", забезпеченої підсистемами у вигляді вакуум-насосів, трубопроводів для молока, повітря, теплої води, сипких кормів, а також забезпеченого обладнанням для фіксації та конвеєрного переміщення корів, апаратурою для розпізнавання корів, для обігріву та лікування вимені, для підмивання та масажу вимені тощо. Успіхи у вдосконаленні верстатів призвели до вдосконалення апаратів як елементів ланки “інструмент”. Розроблені апарати автоматично змінювали частоту пульсацій, величину вакууму; здійснювали автоматизоване додавання з маніпуляцією та відтягуванням склянок з сосків; реалізували автоматичне відключення та самовиведення апаратів зі верстата. Залишилася єдина неавтоматизована операція, що полягала у підключенні апарату до сосків вимені. З цього прикладу видно, що система доїння корів розвивається при поступовому нарощуванні якості по лінії: корова → верстат → інструмент → оператор → надсистема (ферма, комплекс) → господарство → молокопереробний завод → система зберігання молока та молокопродуктів → система торгівлі → система товарообміну та постачання → система освіти кадрів.

Що стосується ланки “оператор” (дояр), то підвищення його функціональних якостей вимагало спеціального навчання та тренування персоналу не тільки особливостям експлуатації машинних ланок системи, але й поводженню із коровами та необхідні знання їх фізіології.

Кваліфікація персоналу має свою тарифікацію якості у вигляді трудових розрядів за професіями. У низці країн дояри проходять курси навчання різні за терміном.

Від якісних змін повернемось до кількісних змін систем. Закон чисельної обмеженості варіантів систем (формула 2.1) демонструє 2 шляхи розвитку систем: еволюційне та революційне залежно від зростання чисел функцій (S) та кількості ланок (R). Структура формули багатоланкового рангу (формула 2.13) показує внесок кожної ланки у вдосконалення системи еволюційним шляхом з передачею квантами функцій від нижчих ланок до вищих. Разом з квантовою передачею кількості функцій відбувається квантове зростання та підвищення якості функціонування ланок, а отже, і систем. Такі передачі квантів від ланки до ланки дозволяють нам сформулювати *закон квантового різноманіття систем*:

Розвиток функціональної досконалості (технічного рівня) біотехнічних систем забезпечується еволюційно: зростанням чисел функцій у ведених ланках, а також революційно: зростанням кількості ланок і квантовою передачею кількості функцій та якості функціонування від нижчих ланок до вищих.

Якщо наш періодичний закон систем розкриває кількісний бік явищ, то закон квантового розмаїття систем розкриває суть різноманітності систем за кількісними та якісними ознаками процесу розвитку систем. При цьому очевидно, що якість нерозривно пов'язана з числом рангу.

Еволюція у техніці має і зворотні хронологічні стрибки “антирозвитку”, що виявляється, наприклад, у запізнілій розробці необхідних технічних засобів. Винахід колеса дозволив широко налагодити виготовлення двоколісних, а потім чотириколісних кінних возів. У 18 - 19 сторіччях спорт та гра привели до винаходу спочатку 4-х колісних, а потім і 2-х колісних безкормових самокатів. Потрібно було майже 200 років доопрацювання їх до виду самокатів та велосипедів зразка 1895 року. У світі використовують

сотні мільйонів таких велосипедів. Але лише кілька людей у світі (циркових артистів) здатні кататися на одноколісному велосипеді, що був винайдений історично нещодавно. Формально винахід одноколісного велосипеда - це зворотний крок технічної еволюції, але саме такий крок зручний для демонстрації рідкісного циркового мистецтва, недоступного для освоєння широкого загалу людей. Формально в еволюційному ряді колісного транспорту має бути такий порядок виникнення пристроїв: одноколісний велосипед, двоколісний самокат, двоколісний велосипед, двоколісні кінні візки, триколісні візки та самокати (візки), чотириколісні візки, мотоцикли, автомобілі, залізничні потяги, літаки. Однак календарно потяги було винайдено раніше автомобіля, а сучасний велосипед винайдено пізніше автомобіля на кілька років. Практично останніми з представленого ланцюга були розроблені одноколісний велосипед і літак (1903 - 1908 р.).

Потребу на всі види виробів, як правило, диктує їх виробництво з різним темпом зростання якості та кількості виробів. Фігурнов В.Е. у підручнику з ЕОМ порівнює, що якби темп удосконалення автомобілів дорівнював темпу вдосконалення ЕОМ, то вже зараз один автомобіль транспортував би тисячі осіб зі швидкістю у тисячі кілометрів на годину [17].

3.1.2 Прогнозування властивостей елементів біотехнічних систем

Прогнозування властивостей елементів систем стає можливим, якщо вдається скласти таблицю існуючих та майбутніх наборів функцій для всіх ланок систем (табл. 3.1). Однак і без такої таблиці ми можемо знати кількість функцій при використанні “періодичної таблиці систем” та реконструювати характер функцій, що вже може скласти частину вирішення винахідницького завдання [1, 23].

Нижня зона таблиці 3.1 виділено рамками, що відокремлює зону прогнозованих функцій, які ще не були реалізовані на практиці або не впроваджені, зокрема, у системи доїння. Проте вчені та інженери

намагаються розробляти різні варіанти пристроїв, здатних здійснити такі функції спочатку у лабораторних системах доїння. Не важко уявити, що будь-які поєднання виділених нереалізованих функцій систем визначають суть передбачення майбутніх систем з поки що невідомими, але вже з передбаченими функціями.

Загальна кількість систем доїння з передбаченими функціями (властивостями) становить $7 \times 49 = 343$ варіанти невинайдених систем. Перелічувати всі їхні варіанти немає сенсу, оскільки ранги цих систем вже розраховані та значення їх, як і значення всіх 2401 рангів чотириланкових систем містяться у розробленій “періодичній таблиці (чотириланкових) систем”. Особливу увагу слід приділити системам, ранги яких лежать на векторі прогресу або розташовані близько до цього вектору.

У нашій роботі [12] наведено ранги 44 систем доїння різних фірм світу, у тому числі ранги двох незапроваджених або невинайдених доїльних систем (ДС), новизна яких захищена патентами на винахід. Ще 8 систем передбачено нами шляхом застосування до відомих ДС відомих маніпуляторів подачі. Такі явні технічні рішення не визнаються винаходами. Основна маса винаходів доїльних систем матиме ранги у діапазоні $F_7 = 5511, 5512 \dots 6665, 6666$.

Приклад: необхідно передбачити функціональні властивості доїльної системи рангу $F_7 = 5555$. З таблиці 3.1 випливає, що дояр у такій системі робитиме швидко (до 1 секунди) переходи праворуч наліво на ділянці 1,5 - 2 м щодо нескінченного (кільцевого) конвеєра. Він виконуватиме єдину ручну операцію: підключення 4 доїльних стаканів до сосків корів. На 1 корову потрібно витратити до 6 секунд часу. Корова буде доїтися близько 300 секунд, отже 1 оборот конвеєра (з урахуванням часу входу, підготовки, виходу, переходу корів) відбудеться за 360 секунд, а на конвеєрі задіяно 60 верстатів. Підготовка корів буде автоматична, включаючи такі операції підготовки, як підмивання та масаж (стимуляція молоковіддачі). Доїльний

апарат буде попередньо автоматично орієнтований до вимені корови. Корова буде входити до верстата з власної ініціативи, але верстат може заблокувати вхід, якщо автомат розпізнавання корів через базу комп'ютерної пам'яті встановить, що корова намагається увійти до верстата раніше визначеного їй часу. Вхід у верстат буде здійснюватись приблизно 6 секунд. Пропускна здатність конвеєра становитиме 526 корів на годину [12], тобто, у 60 разів більше, ніж на сучасних доїльних установках стійлового типу. Оскільки дояр буде єдиним, то продуктивність праці дояра за клієнтурою системи становитиме 526 корів/(люд.год), а за продукцією, що отримується, до 5260 кг молока/(люд.год), якщо середній разовий удій корови становитиме 10 кг молока.

Потрібно налагодити виробництво конвеєрів з іншим числом верстатів [12], а саме: 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 і 60 верстатів. Пропускна здатність таких доїльних систем складе: 52, 105, 158, 210, 263, 316, 368, 420 та 526 корів/год.

Порівняння технічного рівня всіх 44 доїльних систем, представлених у роботах [2, 3, 12] за допомогою будь-яких відомих методів потребувало б великих зусиль. Наприклад, методом натурних випробувань порівняння зайняло б 44 роки, коли більшість зразків систем до кінця випробувань вже морально застаріють.

Матеріальні витрати на закупівлю зразків машин і на оплату праці випробувачів склали б понад 7,5 млн. доларів. Таким чином, економічний ефект методу розрахунку технічних рівнів тільки для доїльних систем становить понад 7,5 млн. доларів за рахунок відмови від придбання 44 зразків машин для випробувань, від економії коштів на оплату праці 44 бригад випробувачів на 1 рік випробувань. Представлені методи прогнозування дозволяють у 500 разів зменшити час оцінки 44 машин без урахування економії за рахунок відмови від оренди 44 випробувальних баз.

Таблиця 3.1.

Відомі та прогнозовані функції у системах доїння

Ланки			
<i>П - оператор</i>	<i>І - інструмент</i>	<i>С - верстат</i>	<i>К - клієнт</i>
дояр	апарат	верстат	корова
$a = 6; A = 0.$ Дояр має максимум рухливості тіла та рук (b)	$b = 0.$ Апарату немає. Ручне доїння	$e = 0.$ Верстата немає. Елементи верстата: земля, (підлога) + цебро. Ручне доїння.	$d = 0.$ Небажана рухливість корови. Доїння у степу, у корівнику. При $d = 0$ доїння немає.
$a = 5; A = 1.$ У дояра ті ж функції, окрім присідання.	$b = 1.$ Є апарат. Ручний, переносний	$e = 1.$ Є вакуумагрегат і відро	$d = 1$ молоковіддача
$a = 4; A = 2.$ Те ж саме, окрім нахилу вперед дояра	$b = 2.$ Апарат стаціонарний	$e = 2.$ Те ж саме плюс молокопровід і верстат	$d = 2.$ 1) молоковіддача 2) вхід у верстат
$a = 3; A = 3.$ Те ж саме, окрім нахилів убік	$b = 3.$ Те ж саме плюс автовідключення апарату	$e = 3.$ Те ж саме плюс поміст або траншея	$d = 3.$ те ж саме плюс розворот корови у верстаті
$a = 2; A = 4.$ Те ж саме, окрім поворотів тіла дояра навколо вертикальної осі	$b = 4.$ Те ж саме плюс автонаближення апарата або автовідведення	$e = 4.$ Те ж саме плюс конвеєр	$d = 4.$ Те ж саме плюс ПС-підсистема зв'язку зі верстатом: розпізнавання корови автоматичне
$a = 1; A = 5.$ Немає жодних переміщень, окрім переходів дояра фронтом верстатів	$b = 5.$ Те ж саме плюс зміна режимів апарату	$e = 5.$ Те ж саме плюс автомат підготовки корів (підмивання, масаж)	$d = 5.$ Те ж саме плюс ПС для впливу корови на режим апарату
$a = 0; A = 6.$ У дояра немає робіт, окрім спостереження та ліквідація аварій	$b = 6.$ Автоматичний апарат із самопідключенням та з автовимкненням	$e = 6.$ Те ж саме плюс автомат блокування входу корів, не призначених до доїння.	$d = 6.$ Автоматичне доїння з ініціативи корови без участі дояра

Примітка: 1) a, b, e, d - Число функцій ланок; 2) нижні окреслені рамки містять поки що невідомі, але передбачувані поєднання функцій.

3.1.3 Експериментальне підтвердження системи прогнозування

Раніше кількісне порівняння систем було неможливо через різну розмірність показників; але якісне виявилось можливим, хоча б за схемою: гірше-краще.

Для перевірки коректності оцінки технічних рівнів рангами були використані результати експериментальної оцінки доїльних систем за 29 критеріями за результатами експериментів низки вітчизняних і зарубіжних дослідників і окремо - за 3 критеріями власних показників.

Оскільки ранги технічних рівнів вибудовують конкуруючі машини у ланцюжок, то нескладно було поставити у такий ряд всі доїльні системи, як за рангами, так і за всіма іншими критеріями. Виявилось, що повний збіг порядку розташування доїльних систем (ДС) у ланцюжках спостерігається при оцінці ДС за рангами та за експлуатаційними, ергономічними та фізіологічними показниками. При цьому у 85,4% досліджень було проведено оцінювання за економічними показниками; серед 14,6% оцінок за решти показниками у 2,8% відбувалось заниження, а у 11,8% - завищення характеристик ДС порівняно з оцінкою за рангами технічних рівнів.

Кореляційна оцінка доїльних систем представлена таблиці 3.2. У якості порівнювальних параметрів оцінки були використані ранги ДС як факторіальні ознаки; серед результативних ознак застосовували наступні:

- P_m - прямі питомі витрати на видаювання 1 т молока;
- W_A - продуктивність апаратів, корів /(год.апарат);
- W_n - продуктивність праці доярів за клієнтурою системи, корів/(люд.год)

Коефіцієнт кореляції визначали за формулою

$$\rho = 1 - \frac{6d^2}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 58}{30(900 - 1)} = 0,98709 \approx 1$$

Аналогічна кореляційна оцінка 15 систем за 29 критеріями показала

вищий коефіцієнт кореляції $\rho \approx 0,99$. Отриманий коефіцієнт кореляції виявився близьким до одиниці: $\rho \approx 0,98709 \approx 1$, що свідчить про повний прямий зв'язок між факторіальним (ранг) і результативними ознаками. Це означає, що оцінка технічного рівня ДС за допомогою наших рангів технічного рівня (F_7 і F_{10}) не суперечить оцінці ДС за іншими 29 критеріями, а сама рангова оцінка коректна та з достатньою адекватністю є допустимою для вирішення практичних завдань. Особливо така оцінка ефективна в екстрених випадках, наприклад, для швидкої оцінки технічного рівня конкуруючих машин, що представлені на виставках техніки або показані у матеріалах патентів на винаходи. Останній аспект є тим більш актуальним, так як патенти за досконалістю досі не вдавалося оцінювати кількісним показником: оцінка проводилась за результатами діяльності експертної комісії. Спроба кількісної оцінки було здійснено у 1979-1982 р.р. (див. журн. "Винахідник і раціоналізатор"), але методика розрахунку виявилася складною і науково не обґрунтованою, яка залежить від класифікаційного реєстру та експертного оцінювання патентів.

Таким чином, розроблений у роботі алгоритм оцінки дозволяє кількісно порівнювати навіть патенти. Навичка розрахунку рангів набувається швидко. Досвід викладання в університеті показав, що спочатку студент потребує 1 годину для розрахунку рангу 1 машини. Але через 2 години тренування студенти досягали колосальних успіхів: за 1 годину вони вручну встигали розраховувати до 13 рангів різних машин або БТС.

Таблиця 3.2.

Кореляційна таблиця оцінок доїльних систем

Доїльні системи	Число ознак оцінки	Відхилення оцінок від рангів		$d = x - y$	d^2
		ні (x)	є (y)		
ДАС-2Б із відрами	3	3	0	3	9
АДМ-8 молокопровід	3	2	1	1	1
УДС-3А пасовищна	3	3	0	3	9
УДЕ-16 «Ялинка»	3	3	0	3	9
УДА-16 «Ялинка»	3	2	1	1	1
УДТ-6 «Тандем»	3	2	1	1	1
УДА-8 «Тандем»	3	3	0	3	9
КДУТ-20 «Карусель»	3	3	0	3	9
КДУЕА-40 «Карусель»	3	3	0	3	9
УДА-100 «Карусель»	3	2	1	1	1
Разом	30				58

3.1.4 Основні теоретичні засади розроблюваного методу моделювання

Математичне моделювання систем становить особливу труднощі, оскільки у біотехнічні та біологічні системи включені живі організми, що саморегулюються, фізіологічні показники яких змінюються за різними законами. Саме тому дослідники уникають побудови математичних моделей за основним критерієм системи - продуктивності систем з продукції, оскільки вона формується з безлічі можливих чинників, у т.ч. залежних від живих ланок. Набагато простіше замінити продуктивність на

її похідний параметр - пропускну здатність системи за клієнтурою, а вже через неї вийти на розрахунок продуктивності. Така потреба виникає завжди при проектуванні тваринницьких біотехнічних систем, де дві ланки з чотирьох є біологічними ланками. Здавалося б, що у математичній моделі системи повинні обов'язково бути представлені фактори всіх її ланок. Однак недолік численних наукових методів моделювання живих ланок змушує дослідників підміняти у моделях систем фактори живих ланок факторами, що є похідними та чисельно рівні їм, хоча і можуть стосуватися паралельно діючим процесам. Це призводить до неприпустимого фіналу, коли розмірність використаного критерію не відповідає його сутності. Саме така ситуація склалася у моделюванні систем доїння корів. Моделювання розпочалося з 1957 року. До 1999 року у світовій науково-технічній літературі було опубліковано 43 спрощені моделі з некоректною розмірністю критеріїв оцінки. Поява нового типу біотехнічної системи змушувало створювати нову модель. Виходило, що у різних моделях враховувалося різне число чинників та його взаємозв'язків. Це зрештою призводило до не порівнянності результатів розрахунку та до неприпустимого діапазону помилок. Ускладнення моделей йшло в основному за рахунок введення в них все нових ймовірних факторів.

Квантова механіка систем дозволяє нівелювати методичні протиріччя моделювання та створити загальну математичну модель систем незалежно від їхнього типу та навіть від функціонального призначення.

Необхідність застосування розроблених математичних моделей досліджуваних біотехнічних систем зумовлюється з таких причин.

- 1) Нова система, що проектується, повинна мати передбачувані показники, які неможливо отримати інакше, як тільки розрахунковим шляхом. А для цього необхідно створити математичну модель (формулу або алгоритм) майбутньої системи.
- 2) Розрахунок показників за моделлю у багато разів дешевше і швидше,

ніж одержання показників за натурною моделлю.

- 3) Натурну модель не завжди вдається створити без її попереднього розрахунку.
- 4) Недоліки системи легко усунути на стадії її проектування, ніж на стадії натурної модернізації [5, 6, 16, 17, 18, 19, 23].

Опускаючи висновок загальної формули [14] пропускної спроможності систем за клієнтом, наведемо її у кінцевому розгорнутому вигляді.

$$W = \frac{3600AK(C_{\text{ПГ}} + C_{\text{ЗК}})П}{C(П_{\text{ПГ}} + П_{\text{ЗК}})t_T n_P [A_K + A_0 + A_Y + A_X + (A-1)]}, \quad (3.1)$$

де A - число елементів у ланці "інструмент"; K - число змінних елементів у ланці "клієнт" (за робочу зміну); C , $C_{\text{ПГ}}$ і $C_{\text{ЗК}}$ - число елементів у ланці "верстат": відповідно загальне, на стадії підготовки сировини (клієнта) та на стадії заключних процесів створення продукції; $П$, $П_{\text{ПГ}}$ і $П_{\text{ЗК}}$ - число елементів у ланці "оператор": відповідно загальне, на підготовці та на завершальній стадії обробки продукції; t_T - час такту системи; $n_P = |A|$ - число тактів системи за період часу одного (t) циклу виробництва; $A_K = |K|$ - число елементо-заявок для ланки "інструмент" за робочу зміну; A_0 - додаткове число елементо-заявок на «інструмент» за причин технологічних або фізіологічних відхилень за властивостями ланки "клієнт" за зміну; A_Y - число аварій (виходів із ладу) "інструменту" за зміну; A_X - число втрачених інструменто-заявок через порушення своєчасного надходження елементів клієнттури у систему; $(A-1)$ - число втрачених інструменто-заявок у процесі початкового налагодження та кінцевого часу зупинення функціонування системи.

Така математична модель має такі переваги.

1. Усі чинники враховуються лише цілими числами елементів ланок та визначаються за їхнім фізичним змістом.
2. Немає корегуючих технологічних коефіцієнтів широкого діапазону.

3. Час одного циклу дії системи $t = t_T$ для реальних n_P - систем зазвичай відомий чи легко визначається.
4. Зміною числа елементів (зазвичай чисельності персоналу) $П, П_{np} П_{зк}$ у реальних системах завжди змінюється варіант технології робіт, що дозволяє розрахувати всі можливі варіанти робочих технологій.
5. Зміною числа “верстатів” $З, З_{не}$ і $З_{зк}$ у реальних системах досягається проектування систем різних розмірів для підприємств різної виробничої потужності.
6. При постійному часі циклу (t) виготовлення партії продукції можна змінювати швидкість виходу одиниці виробленої продукції, оскільки проміжок часу між виходом із системи двох суміжних виробів визначається часом (t_T) такту системи

$$t = \frac{t}{n_P} = \left| \frac{t}{A} \right| \quad (3.2)$$

У даній формулі, як і раніше у прямих дужках показані чисельно рівні, але за змістом різні співвідношення паралельно діючих процесів. Підстановка факторів, що включені у прямі дужки, у загальну формулу неприпустима, оскільки відразу буде порушена коректність формули за розмірністю (критерій W).

7. Формула залежить від типу конкуруючих систем чи машин. Вона є по суті загальною математичною моделлю для переважної кількості реальних систем: інкубаторів пташиних яєць, систем доїння будь-яких лактуючих тварин, цехів з вирощування мікроводоростей, установок зброджування речовин (наприклад, хлібного тіста), установок з переробки гною у перегній та біогаз, хімічних заводів безперервної дії, одно- та багатоствольної скорострільної зброї, одно- та багатоінструментальних сільськогосподарських машин та агрегатів, конвеєрів з вирощування комах, підприємств масового обслуговування населення (магазини, телефонні станції, громадський транспорт, системи постачання) та інших систем.

8. Достатня точність результатів розрахунку. Апробація [14] формули для систем доїння корів показала, що помилки розрахунків знаходяться у діапазоні від 0 до 3,5%, що цілком допустимо у розробленій роботі.
9. Коректність формули за розмірністю критерію W . Наприклад, для систем доїння такою пропускнуою спроможністю за клієнтурою буде розмірність критерію: корів/год.
10. Легке перетворення формули до розрахунку другорядних (непрямих) показників систем.

3.1.5 Алгоритм розрахунку технічного рівня

Для розрахунку технічних рівнів конкуруючих систем виконують такі послідовні дії.

Систему будь-якої складності приводять до чотириланкової (елементарної) форми, для чого спочатку сформулювали головну корисну функцію системи (ГКФ), наприклад, "система охолодження рідини", "система кульової стрільби", "система велосипедного транспорту", "система підйому води" і т.д. Очевидно, що складні системи зводимо до 5 або 6-ланкової системи.

Виділяють 4 ланки системи за їх абстрактними ролями:

- а) оператор - командна ланка;
- б) інструмент - виконавча ланка;
- в) верстат - підсилювальна (послаблююча) і направляюча інструмент ланка;
- г) клієнт - ланка, що обслуговується.

Для складної системи ввели ланки P (регулятор), K (каталізатор) та провели розрахунок у наступній послідовності.

- 1) Записуються ролі ланок (абстрактні).
- 2) Конкретизується склад ланок у цій системі за назвами ланок.

Враховуються інші (додаткові) елементи ланки.

3) Перераховуються (у записі) конкретні функції, що виконуються кожною ланкою у процесі дії системи.

4) Підраховується загальна кількість функцій кожної ланки.

5) Складається код системи як набору чисел функцій ланок, залежно від їх ієрархії. З набору одержують чотиризначне (або більше) число семичного обчислення, переводячи у верхні розряди цілі числа "сімок" нижніх розрядів.

Примітка: ці дії аналогічні порозрядному перекладу у десятковій системі десятків, сотень, тисяч і т.д. з нижніх розрядів у верхні, наприклад, під час підсумовування чисел.

Код системи має вигляд

$$K_7 = abed - \text{для елементарної системи}$$

$$K_7 = a_3 a_2 a_1 bed - \text{для складної системи}$$

6) Розраховується валентність ланки "оператор" інверсією числа a або a_3 до валентності

$$\bar{A}_7 = 6 - a_3$$

7) Складається число F_7 рангу системи шляхом заміни у коді числа a_3 на валентність $\bar{A}_7$.

$$\text{Код } K_7 = abed \rightarrow \text{ранг } F_7 = \bar{A} bed \text{ або } K_7 = a_3 a_2 a_1 bed \rightarrow F_7 = \bar{A} a_2 a_1 bed$$

Семічне число F_7 рангу перераховується до десяткового числа F_{10} .

$$F_7 \rightarrow F_{10} = \bar{A} \cdot 7^5 + a_2 \cdot 7^4 + a_1 \cdot 7^3 + b \cdot 7^2 + e \cdot 7^1 + d \cdot 7^0$$

Обчислюється різницю чисел десяткових рангів конкуруючих систем

$$\Delta F_{10} = F_i - F_{i+j}$$

де j - різниця порядкових чисел рангів.

Найбільш вживані величини членів цього рівняння зведені у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3.

Переведення чисел семичного числення до десяткового числення

φ	0	1	2	3	4	5	6
Число (X) семичного числення = (A, b, e, d)	Числа $Y=7^\varphi$						
	$7^0=1$	$7^1=7$	$7^2=49$	$7^3=343$	$7^4=2401$	$7^5=16807$	$7^6=117649$
	Числа десяткового числення (XY)						
1	1	7	49	343	2401	16807	117649
2	2	14	98	686	4802	33614	235298
3	3	21	147	1029	7203	50421	352947
4	4	28	196	1372	9604	67228	470596
5	5	35	245	1715	12005	84035	588245
6	6	42	294	2058	14006	100842	705894

Упорядкуємо основні положення викладених досліджень

1. Аксиоми:

- *Аксиома транзитивності:* діюча система транзитивна сама собі у станах, які призводять до створення продукту, тобто ці стани не збігаються з робітником у часі (формула 2) [14].
- *Аксиома удосконалення систем* відбувається за рахунок розвитку ланок та їх підсистем.
- *Аксиома розгортання:* будь-яка складна система може бути згорнута до елементарної і навпаки.

2. Принципи:

- *Принцип ієрархії:* ланки систем ієрархічно залежні в порядку: оператор → інструмент → верстат → клієнт.
- *Принцип багатоланковості:* при розвитку систем з елементарної чотириланкової форми до складної багатоланкової форми нові ланки розташовуються ієрархічно між ланками «оператор» та «інструмент», наприклад: оператор → регулятор → стимулятор (каталізатор) → інструмент → верстат → клієнт. Скільки цифр містить семичний ранг, стільки ланок містить система.

- *Принцип однокритеріальності:* біологічні та технічні ланки оцінюються загальним критерієм - числом (S) ступенів вільності або функцій, тому технічні та біотехнічні системи оцінюються загальним критерієм - рангом систем, що складається з комбінації чисел функцій щодо всіх ланок системи.

1. Постулати (тобто недоведені закони):

- *Постулат про продукти та функції:* діюча система створює продукт, який не є ланкою системи, і має функцію, яка не є товарним продуктом системи.
- *Постулат про перестановки ланок:* перестановка ланок в ієрархічному ланцюзі змінює функцію і продукт системи.
- *Постулат про підсистеми:* надсистеми та підсистеми елементарних систем можна вважати елементарними або зведеними до елементарних.

3. Закони:

- *Закон несумісності:* функції ланок у системах несумісні за призначенням: «оператор» - командна ланка; «регулятор» - регулююча; «стимулятор» - каталізуюча; «інструмент» – виконавча; «верстат» - підсилювальна та напрямна; «клієнт» - ланка, що обслуговується. *Наслідок:* у системах, що розвиваються, функції нижчих ланок іноді виконують вищі ланки.
- *Закон чисельної обмеженості:* повна сукупність (F_c) одноцільових конкуруючих помітних систем, що розвиваються, чисельно обмежена і дорівнює максимально можливому числу (S) ступенів вільності, зведеному у ступінь числа (R) ланок у системі:

$$F_c = S^R.$$

- *Закон квантового розмінття:* розвиток функціонального досконалості систем еволюційно забезпечується зростанням числа (S) функцій у ланках і революційно - зростанням числа (R) ланок і

квантовою передачею якості та числа функцій від нижчих ланок до вищих.

- *Закон досконалості систем:* системи абстрактно розрізняються і вимірюються кількісним критерієм досконалості (рангом), що є залежним від числа функцій ланок і місцем розташування ланок у їх ієрархічному ланцюзі.
- *Закон періодичності властивостей:* в еволюційному ряді систем, що розвиваються, властивості ланок, а отже і систем, періодично повторюються і змінюються квантами по $7^{\psi-1}$ і періодами по 7^{ψ} одиничних рангів залежно від порядкових номерів ψ ланок і порядкових номерів (L) систем.
- *Закон про технічний рівень:* технічний рівень - це кількісно виражений етап еволюційного розвитку об'єкта як біотехнічної системи.

Наслідок: технічна система - це варіант більш загальної біотехнічної системи або варіант ланки, що входить до біотехнічної надсистеми.

3.2 Вступ у теорію рішення винахідницьких завдань

3.2.1. Сутність методу аналізу

Представлені вище теоретичні засади розробленої нами «квантової механіки біотехнічних систем» дозволяють розрахувати функціональну досконалисть біотехнічних та технічних систем. Отже для будь-якої системи можна встановити: як близько підійшла дана система до максимального її ускладнення? Встановлюються також властивості всіх ланок існуючих і майбутніх систем. Наступним кроком є винахід цих майбутніх систем.

Однак ще недавно винахідництво розглядалося як незрозумілий процес технічної творчості, як раптове осяяння технічною ідеєю. Очевидно, що підґрунтям для «захоплення» ідеєю можна представити у виконанні

представлених вище кроків, які далі назвали вступом до теорії рішення винахідницьких завдань (ТРВЗ).

Основоположник теорії рішення винахідницьких завдань російський дослідник і письменник-фантаст [1, 2] Альтшуллер Г.С. (Альтов Г.) з 1974 року почав публікувати у «Піонерській правді» матеріали з винахідництва, які були ним узагальнені у вигляді основ ТРВЗ (1984 - 1989) у книзі для дітей [2]. Послідовники розвинули теорію і застосували її насправді до таких напрямів творчості, як мистецтво, поезія тощо. Методично вдалий навчальний посібник з ТРВЗ опублікував у 1990 році Саламатов Ю.П. у вигляді книги для вчителів та інженерів-винахідників [4].

Розглянемо фрагментарно основні положення теорії рішення винахідницьких завдань. Якщо наша теорія «квантової механіки біотехнічних систем» виявляє властивості елементів майбутніх систем, то ТРВЗ дозволяє за цими властивостями правильно сформулювати винахідницьку задачу та вирішити її. Після цього можуть працювати - конструктори, які проектують конкретні технічні ланки систем. Таким чином, теорія «квантової механіки біотехнічних систем» стимулює прогнозування розвитку техніки, ТРВЗ полегшує винахід техніки, а конструювання її з елементами винахідництва полегшується за допомогою ряду прийомів і теорій [3] інтенсифікації інженерної творчості. Останню можна реалізувати при застосуванні відомих методів аналізу, а саме: 1) метод мозкової атаки; 2) метод евристичних прийомів; 3) морфологічний аналіз та синтез технічних рішень; 4) функціонально-вартісний аналіз та інші [3].

3.2.2. Основи репольного аналізу

3.2.2.1. Основні ланки системи та особливості їх взаємодії

Основу аналізу становить положення, що будь-які системи можна у вигляді графічних схем, складених з ланок як речовини і поля. Скорочення слів «речовина» та «поле» дає термін «реполь». Схема зі зв'язків ланок утворює репольну структуру неповної існуючої або абстрактної системи, в якій позначаються сильні (нормальні) та ненормальні (слабкі і навіть шкідливі зв'язки). Методами перетворення останніх зв'язків до нормальних створюється по суті винахід, тобто здійснюється винахідницьке технічне рішення. Оскільки зв'язки та методи їх перетворення вдалося формалізувати у вигляді структурних графічних формул-зображень, то запис реполів став схожим на запис хімічних формул. Процес винахідництва за таких умов стає більш формалізованим, передбачуваним, поставленим на наукову основу [1, 2, 4], що має свій алгоритм вирішення творчих завдань.

Більшість ланок у системах представляється спрощено як «речовина», інші - як «поле». Вихідний мінімальний реполь складається з неповної системи і включає тільки конфліктний зв'язок із суміжними двома зв'язками, тобто реалізовується всього 3 зв'язки. Дві ланки зображуються у вигляді «речовини», а третя у вигляді «поля». Технічний конфлікт може існувати між будь-якими з цих 3 ланок.

Серед основних фізичних полів можна відзначити всього 4: гравітаційне, електромагнітне, сильне (ядерне) та слабе (елементарних частинок). Проявом цих полів пояснюють усі явища у природі.

Для вирішення винахідницьких завдань зручно розширити набір полів наступними:

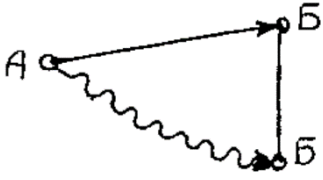
- механічне поле (ударне, імпульсне, поле стискання та вакуумування, відцентрове поле, поле знакозмінних прискорень або вібраційне поле);

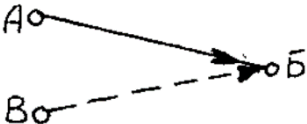
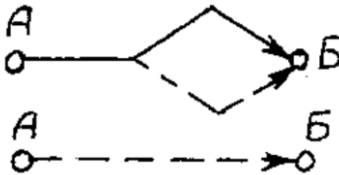
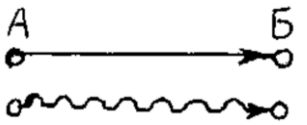
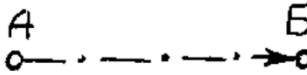
- звукове поле (поле поширення ультразвуку та інфразвуку);
- температурне поле (теплове, поле поширення холоду);
- електричне (електростатичне, індуктивне за наявності струмів високої та надвисокої частоти);
- магнітне;
- оптичне (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне, субінфрачервоне);
- поле іонізуючого випромінювання (α -, β -, γ -випромінювання, радіоактивне випромінювання);
- хімічне (поле поширення окислювальних та відновлювальних реакцій, кислі та лужні середовища);
- запахове (поле поширення 7 основних запахів).

Основні технічні конфлікти між ланками у вигляді «речовини» та «поля» представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Види конфліктів у моделях винахідницьких завдань

Конфлікт	Схема	Примітка
1	2	3
1. Протидія		На корисну дію (суцільна стрілка) виникає зворотна шкідлива (хвиляста стрілка)
2. Поєднана дія		Корисна дія одночасно є шкідливою
3. Поєднана дія за частинами		Користь для однієї частини Б та шкода для іншої частини Б.
4. Сполучений вплив за речовинами		Корисно для речовини Б, але шкідливо для речовини В.

1	2	3
5. Сполучений локальний вплив (самошкідливий)		Корисна дія на речовину Б, але шкідлива для самого об'єкта А або локально - для частини Б.
6. Несумісна дія		Корисна дія А на Б несумісна з дією на речовини В на Б.
7. Не повна дія		Дія непостійна за показниками надійності: може бути як надійна, так і зовсім ненадійна
8. "Безмовність" дії		Ненадійна інформація
9. Нерегульована дія		Дія нерегулярна

3.2.2.2. Правила синтезу реполів та принципи вирішення завдань

Нерепольні системи (один елемент) або неповні репольні системи (два елементи) мають бути добудовані до повного реполя, що складає три елементи.

Елементарна або мінімальна за кількістю ланок технічна (біотехнічна) система містить 4 ланки, проте зв'язки всіх 4 ланок не можуть бути одночасно слабкими (шкідливими) для системи, інакше система умовно перестала б функціонувати. Тому при розв'язанні задачі розглядають лише один слабкий зв'язок між двома ланками і одну-дві нормальні суміжні зв'язки для того, щоб вирішувати лише одне завдання. Такі зв'язки

утворюють трикутники. Четверта ланка не зображується, чим значно - спрощується схематична модель системи: замість 6 ребер зв'язків у моделі системи, що відображена у вигляді тетраедра; у моделі реполя зображуються тільки 3 ребра у вигляді трикутника або гострого кута. При цьому можливі наступні варіанти взаємодії трьох ланок: 1) 3 речовини; 2) 2 речовини та 1 поле; 3) 1 речовина та 2 поля.

- Зробимо припущення, що вихідний реполь завжди містить 2 речовини та 1 поле. У такому випадку існує всього 2 види моделей вихідної репольної системи:
- модель зі слабким зв'язком між 2 речовинами;
- модель зі слабким зв'язком (можливо з ущербним або ушкодженим - зв'язком, що вимагає удосконалення) між речовиною та полем.

Складемо геометричну модель (рис.3.1), на якому позначили: B_1 – перша речовина, B_2 – друга речовина, P – поле, пунктир – слабкий зв'язок, суцільна лінія – сильний зв'язок.

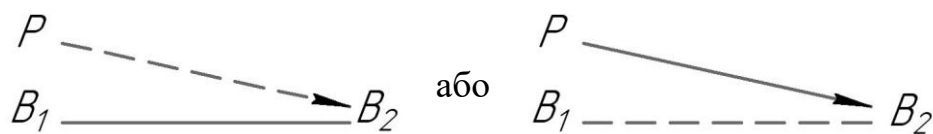


Рис. 3.1. Реполі, що працюють

Саламат Ю.П. [4] зазначає, що існують завдання, в яких обидві зв'язки є слабкими. Такі умови завдань ведуть до умовної нерозв'язності задачі. Представлені реполі є *непрацюючими* (рис.3.2.), тому для ефективного функціонування системи вони потребують перетворення.

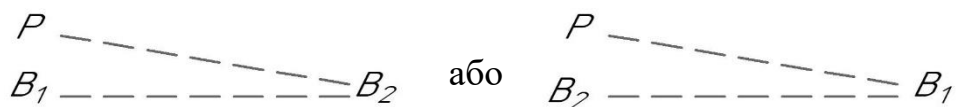
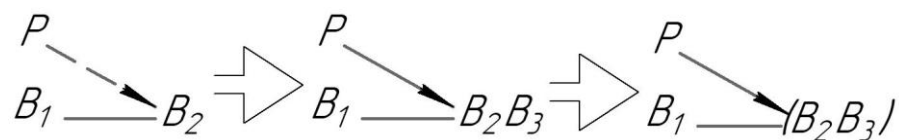


Рис. 3.2. Реполі, що не працюють

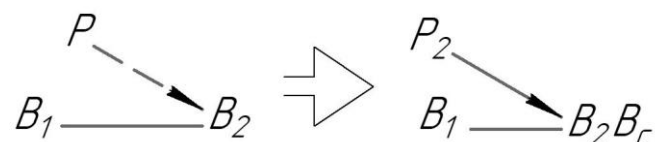
При реалізації новітніх технологій ефективним є використання домішок, зокрема, домішок рослинних речовин у м'ясопродукти для балансування вмісту корисних амінокислот, білків та вуглеводнів та підвищення харчової цінності продуктів.

Для побудови моделі із *введенням у речовину добавок*, позначимо подвійною вказівкою знак перетворення реполя. Тоді введена речовина B_3 зобразиться перетворенням у новий реполь. У дужках позначають введення речовини B_3 всередину речовини B_2 , а без дужок – при перемішуванні з речовиною B_2 .

Наприклад, для скидання із залізниці B_1 снігу B_2 замість тепла сонця P використовують удар повітря B_c , що виходить від тепловоза, що проходить і спрямовується на сніг щитками або напрямними. Теплова сонячна енергія у даному випадку є слабкою дією P , що замінюється потужним механічним впливом: ударом P_2 повітря B_c , що перемішується зі снігом B_2 та скидає сніг з дороги.

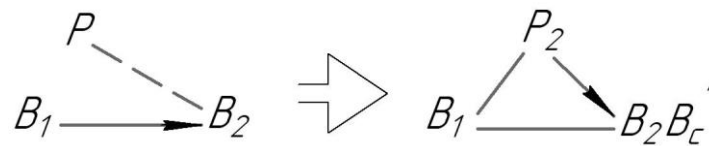


Іноді ефективним рішенням при формуванні моделі виявляється *заміна довкілля: робочого, технологічного або навколишнього середовища*, яке позначили через B'_c - змінене зовнішнє середовище.

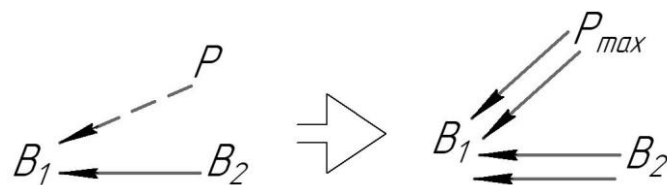


Наприклад, для лікування людини B_2 ліками B_1 лікарські препарати є схильними до випаровування під дією прикладання кількості теплоти P_2 , що у результаті вдихається людиною *разом* з гарячим повітрям B'_c . Такий спосіб лікування відомий як інгаляція. При цьому теплота P_2 посилює дію як на людину, так і на ліки. Посилена дія зображена у вигляді суцільних вказівок.

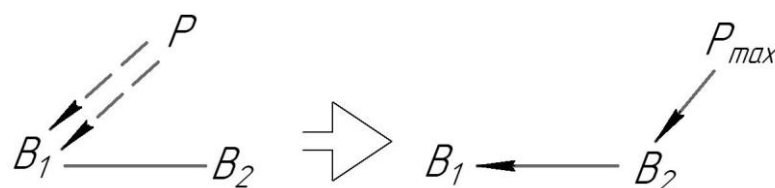
У результаті слабка дія (що була показана пунктирною лінією) була нівельована.



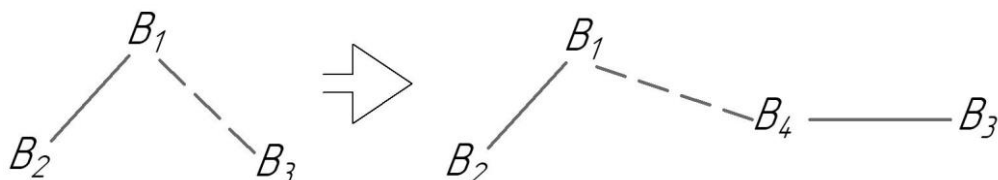
Наступним методом перетворення реполя може бути *ліквідація надлишку поля речовиною, а надлишку речовини – полем*. Наприклад, надлишок фарби B_2 з деталі B_1 знімають надлишком поля P_{max} шляхом посилення слабкої гравітаційної дії (P) відцентровим полем (P_{max}). Деталь після занурення у фарбу (надлишок фарби) обертають. При цьому відцентрові сили P_{max} швидко знімають надлишок фарби (посилена дія відтворюється у моделі двома вказівками).



Посилення ланки та відповідно зв'язку можна здійснити за рахунок *захисту речовини від поля буферною речовиною*. Наприклад, при виготовленні попередньо напруженого бетону нагрівання (P) дроту понад 400°C з метою його подовження значно зменшує його міцність (позначено у моделі двома штриховими лініями). Для посилення конфліктного зв'язку вводять жароміцний стрижень B_2 , нагрівають його та приєднують до холодного дроту. У процесі охолодження стрижень зменшує свою довжину, що приводить до розтягнення холодного дроту B_1 . Такий стрижень можна використовувати багаторазово. У результаті дріт критично не втрачає своїх властивостей.



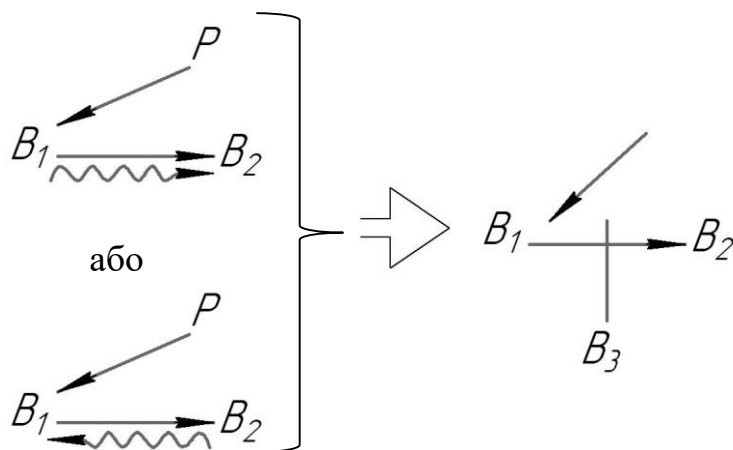
Локальний захист речовини буферною речовиною можна здійснити, наприклад, у процесі піскоструменевого очищення бронзової підставки для уникнення ураження дерев'яної статуетки, на якій вона стоїть, останню закривають чохлам.



3.2.2.3. Руйнування реполів

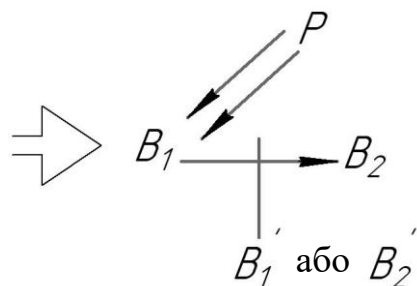
Можна знайти цілий клас винахідницьких завдань, у яких ефективною технологічною дією є руйнування шкідливого реполю. У роботі нами запропоновано та сформульовано наступні 4 правила руйнування реполів.

Якщо між речовиною B_1 і B_2 одночасно (сполучено) існують шкідливі та корисні дії, то вводять буферну «безкоштовну» речовину B_3 .

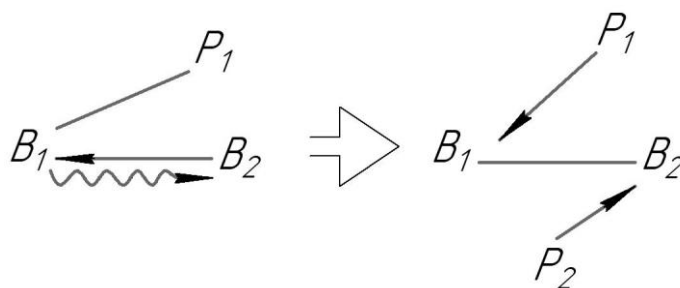


Саламат Ю.П. [4] наводить приклад: взимку 1919 р. студенти Московського авіаційного технікуму обігрівали аудиторію при допомозі «печі-буржуйки». Для акумуляції теплоти у печі B_t студенти поставили бак із водою, проте утворена пара привела до підвищення вологості повітря в аудиторії B_2 , що погіршило мікроклімат у приміщенні. Н.Є. Жуковський порадив налити поверх води машинне мастило B_3 . У результаті гідролізу

молекули вода почали переходити у зв'язаний стан, що істотно зменшило випаровування вільної вологи через зменшення її концентрації у приміщенні та подовжило термін зберігання теплоти.



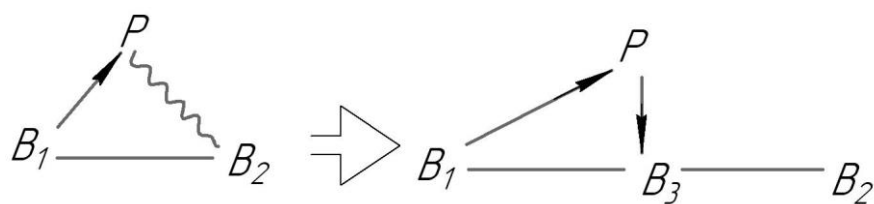
Шкідливу взаємодію речовин B_1 і B_2 можна нейтралізувати введенням між ними третьої речовини, що є видозмінною першої або другої речовини (B_1 або B_2).



Для реалізації даної дії схема лівої частини попереднього реполя залишається колишньою, а перетворена права частина набуває нового вигляду. Наприклад, при перекачуванні по трубах B_2 кріогенних рідин B_1 , гідравлічний удар $B_1 \rightarrow B_2$ гасять одночасним поширенням у трубі ультразвуку P , який миттєво витягує кавітацією з рідини B_1 розчинений газ B'_1 , тобто газ нівелює негативну дію внаслідок гідравлічного удару.

Другим ефективним способом нівелювання шкідливої дії речовини B_1 на речовину B_2 є нейтралізація такого впливу іншим полем P_2 . Наприклад, при виготовленні втулок B_1 зі сталевого порошку методом його спікання під електричним розрядом P_1 втулка B_1 спікається з формуючим стрижнем B_2 , що і псує його. Шкідливе спікання втулки B_1 і стрижня B_2 можна усунути пропусканням через стрижень B_2 імпульсу електричного струму (P_2)

протилежного напрямку одночасно з робочим розрядом (P_1).

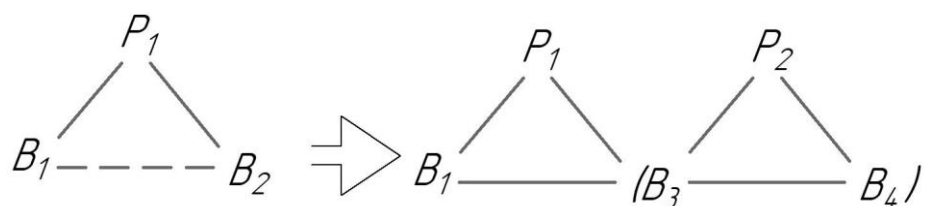


Також шкідливу дію поля на речовину можна нейтралізувати буферною речовиною. Наприклад, для запобігання бочки B_2 з водою B_1 від розриву силою P замерзлої води (криги) між бочкою і водою вводять буферні еластичні речовини із гуми (B_3), повітряні камери або кармани тощо.

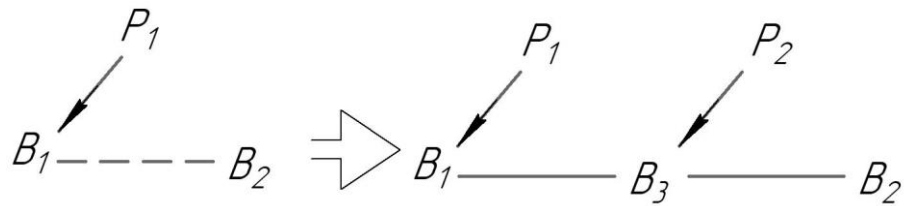
3.2.2.4. Ускладнення реполів

Введення у систему додаткових підсистем можна представити у вигляді ускладненого реполя за наступними правилами.

Ефективність репольної системи підвищують перетворенням частини реполя у ланцюговий реполь, що можна реалізувати за рахунок розгортання речовини у полі та відповідним поширенням зв'язків у реполі, зміною фізико-механічного стану ланок системи.



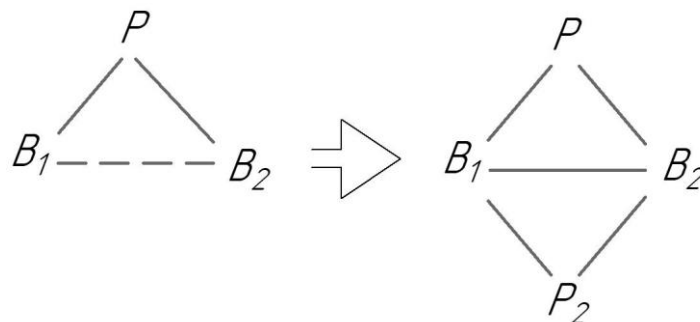
Розгортання зв'язків у реполі реалізується, наприклад, у випадку; коли для автоматичної зміни діаметра діафрагми (B_1) фотоапарату залежно від освітленості об'єкта зйомки ручний привод (B_2) діафрагми замінюється приладом B_3 , що діє від геліоелектрогенератора B_4 в умовах впливу світла, який відбивається від об'єкта зйомки.



У другому випадку, якщо всі види муфт для зв'язку валів B_1 і B_2 конструктивно неефективні, то для ефективного сполучення між ними монтують муфту B_3 у вигляді циліндра, заповненого магнітною рідиною. Під дією магнітного поля P_2 рідина (B_3) миттєво твердіє та жорстко зв'язує вали B_1 і B_2 . При вимиканні електромагніту (P_2) вали роз'єднуються.

Стосовно зміни фізико-механічного стану ланок системи можна привести приклад, за якого експлуатація тракторів, комбайнів та інших машин із змінним положенням центру ваги при роботі на схилах пагорбів призводить до вирівнювання по горизонталі корпусів цих машин, тоді як осі коліс отримують звичайний нахил щодо горизонтальної площини.

Поліпшення керування репоєм можна здійснити шляхом введення другого паралельного реполя, який відзначається ефективним регулюванням своїх параметрів.



Наприклад, у радіоприймачі приймальний блок (B_1) і підсилюючий блок (B_2) внаслідок перешкод та зношення пасів ручного налаштування втрачають можливості ефективного керування на потрібну хвилю (P). Тоді у систему вводять блок підстроювання (P_2), який автоматично підлаштовується на частоти вибраної радіостанції. Таким чином, ручне вихідне налаштування на хвилю (P) автоматично (P_2) відновлює налаштування.

3.2.3. Формулювання винахідницького завдання

Саламатов Ю.П. вважає, що існує 2 основні помилки стосовно формулювання або представлення творчих завдань:

- це завдання «не за моєю спеціальністю»;
- завдання поставлено «неточно».

Завдання ніколи не ставляться точно, не тому, що їх складають люди, які не знають теорії рішення винахідницьких завдань (ТРВЗ), а тому, що у точно поставленому завданні міститься половина відповіді. Абсолютно точні завдання складають формулювання фізичної суперечності. Таке завдання вирішується «легко». Процес рішення щодо ТРВЗ полягає у послідовному переформулюванні та уточненні задач; що, зокрема, стосується виділення головного напрямку або задачі, які розглянемо нижче.

3.2.3.1. Приклад докладного завдання або ситуації

Використали дане завдання із книги Саламатова Ю.П. [4] як зразок вдалого методичного матеріалу, сутність якого полягає у наступному.

Для перевірки герметичності швів скляних виробів, наприклад, елементів вакуумних систем (трубок, холодильників тощо), використовують високочастотний електричний розряд. Всередину виробу (нехай це буде скляна трубка) вставляють один електрод. Між електродами через скляну стінку пропускають коронний розряд (від слова “корона” – вінець), у результаті чого виникає слабе світіння іонізованого повітря. Якщо є навіть дуже невеликий отвір у шві, то розряд концентрується у ньому, що супроводжується яскравою підсвітленням через отвір. Потім зовнішній електрод прибирають і запаюють отвір високотемпературним газовим пальником. Здається, що проблему вирішили, але як тільки електрод приберуть, отвір вже не видно і доводиться запаювати наново. А запаювати бажано так швидко, щоб не виникла температурна напруга у виробі, тобто високотемпературна дія повинна бути достатньо точною, що

викликає нерідко значні труднощі.

Для вирішення завдання введемо деякі умови: в отвір не можна вводити жодних речовин, оскільки це порушить склад тугоплавкого скла; зовнішній електрод небажано тримати у полум'ї пальника, що приводить до його пошкодження.

У задачі містяться такі адміністративні протиріччя: потрібно добре - бачити отвір, але невідомо як це зробити. З цієї вихідної ситуації (докладної задачі) може впливати кілька завдань: 1) як виявити отвір без електродів; 2) як захистити електрод від полум'я; 3) як забезпечити освітлення отвору без речовини; 4) як виготовити вироби без швів. Незрозуміло, яку з цих завдань обрати для вирішення, з якої почати або у якій послідовності? Використовуємо для розв'язання поставлених проблем алгоритм теорії рішення винахідницьких завдань (ТРВЗ).

3.2.3.2. Алгоритм вирішення винахідницьких завдань

Засновник теорії вирішення винахідницьких завдань (ТРВЗ) [1,2] російський вчений, інженер та письменник-фантаст Г.С. Альтшуллер (Г. Альтов) виділив і сформулював, а згодом уточнив алгоритм вирішення винахідницьких завдань. В алгоритмі міститься наступні 19 кроків.

КРОК 1. Обробка вихідної ситуації. Будується схема системи та відшуковуються технічні протиріччя.

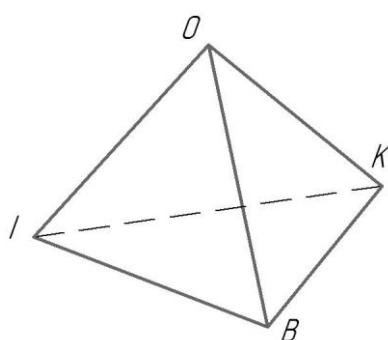
Складемо вихідну модель біотехнічної системи «Ручне запаювання швів скляних виробів» (табл.3.5).

Продуктом системи є готовий скляний виріб із запаяними дірками у шві. Конфлікти існують між ланками «інструмент» та «клієнт». Згідно із схемою моделі БТС має місце конфлікт у межі ІБК, у ребрі ІЧ

Таблиця 3.5.

Модель біотехнічної системи «Ручне запаювання швів скляних виробів»

оператор - О	інструмент - І	верстат - В	клієнт - К
Виконавець операції паяння	провідник + полум'я пальника	пальник	скло з діркою у шві (заготовка)
	виявляє + паяє		
змінює режими, керує	= виконує	посилує та спрямовує	обслуговується



КРОК 2. Перехід до міні-завдання

Такий захід приводить до виникнення зменшеної вихідної ситуації за принципом: «все залишається без зміни або спрощується, але при цьому з'являються нові можливості (властивість) або зникає шкідлива дія (властивість)». Коли ситуація ускладнюється, то використаний ефект не змінить стану до моменту, як було введено обмеження.

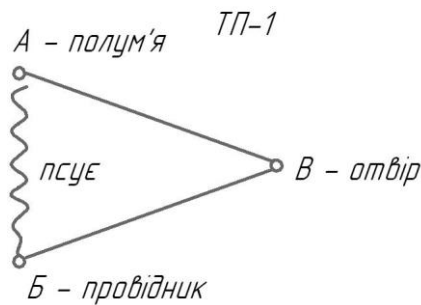
Міні-завдання виходить з вихідної ситуації шляхом введення обмеження за формулою: «те, що є, мінус недолік або те, що є, плюс необхідну гідність».

Максі-завдання виходить з вихідної ситуації шляхом зняття обмеження, коли вихідну систему дозволяється замінити на нову.

При створенні форми запису міні-завдання необхідно вказати призначення технічної системи, перерахувати її ланки; вказати чітко технічні протиріччя (ТП); представити результат, який має бути отриманий за мінімальних змін у системі.

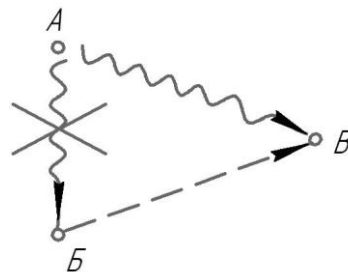
Наприклад, міні-завдання досліджуваної системи складає: технічна система для виявлення та запаювання отворів у скляних виробах включає скляні вироби, провідник, полум'я пальника.

ТП-1: якщо провідник не забирається, то отвір видно під час запаювання (запаювання відбувається швидко і точно), але провідник *неприпустимо псується*.



ТП-2: якщо провідник забирається, то він не псується, але отвір при запаюванні не видно (запаювання відбувається повільно і не точно).

Результат виконання поставленого завдання: при мінімальних змінах технічної системи забезпечується швидке і точне запаювання отворів.



Не слід вгадувати відповідь, тому що можна помилитися і отримати непереборний психологічний бар'єр інерції. Наступні кроки алгоритму з'єднують коридор для розвитку творчої думки.

КРОК 3. *Виділити та записати конфліктуючу пару ланок системи.*

У задачі про паяння скла конфліктують 2 ланки: 1) «інструмент» = провідник + полум'я та 2) «клієнт» = скло з діркою. Для простоти можна прийняти у якості «клієнта» отвір у шві скла.

КРОК 4. *Скласти графічні схеми технічних протиріч ТП-1 та ТП-2 або схеми конфліктів.*

Стосовно ТП-1: провідник не забирається; полум'я добре діє на отвір (запаює), провідник добре діє на отвір (виявляє), але полум'я погано діє на провідник (псує його).

Стосовно ТП-2: провідник забирається; полум'я погано діє на отвір (довго і неточно), провідник не діє на отвір (не виявляє її), але не псується провідник; хрест означає, що провідника немає – його прибрали.

КРОК 5. *Вибрати із двох схем конфліктів ту, яка краще здійснює головну корисну функцію (ГКФ) технічної системи, що зазначено в умові завдання.*

У нашому прикладі ГКФ — *ефективне зварювання отворів*, а даному кроку відповідає лише схема ТП-1, який і вибираємо.

КРОК 6. *Підсилити конфлікт, вказуючи граничний стан (дію) ланок.*

Такий стан для нашого прикладу: *провідник ніколи не забирається*, тому він *псується*. Отже, буде потрібна подальша *відсутність провідника*.

КРОК 7. *Представити формулювання моделі завдання, вказуючи: конфліктуючу пару; посилене формулювання конфлікту; показати можливості, які можуть виникнути при введенні до системи X-елементу для вирішення задачі.*

Перехід від завдання до моделі забезпечить пізніше виявлення фізичного протиріччя (ФП).

Модель завдання:

- вихідні дані: отвір, полум'я і провідник, що ніколи не забирається (відсутній провідник);
- необхідно, щоб X-елемент забезпечував освітлення отвору під час запаювання за відсутнього провідника.

КРОК 8. *Уточнити обрану схему конфліктів.*

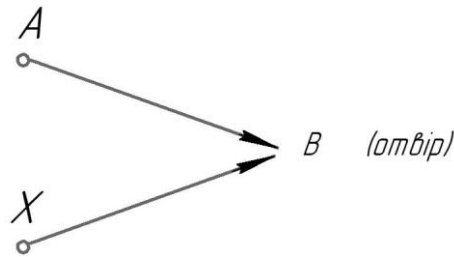
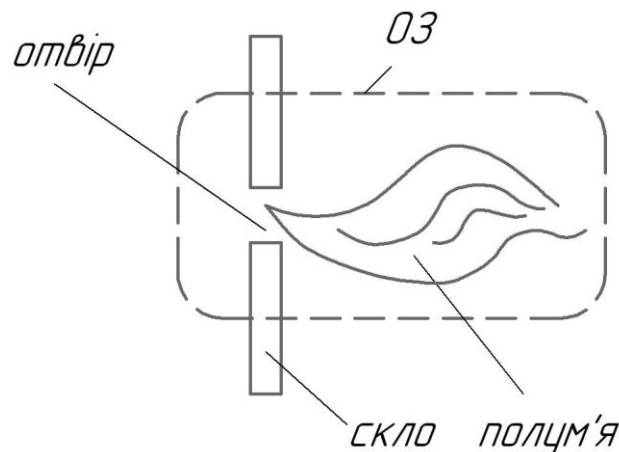


Схема уточнюється за моделлю завдання з урахуванням X-елемента: провідника немає, тому він не показаний; X-елемент забезпечує освітлення за відсутнього провідника.

Примітка: вирішуючи задачу про доїльну конвеєрну установку [2], ми одержали рішення вже після 8 кроків; однак у прикладі про паяння скла нам знадобиться більше кроків.

КРОК 9. Визначити оперативну зону (ОЗ).

У найбільш простому випадку оперативна зона - це простір, у межах якого виникає конфлікт, що вказаний у моделі завдання (кроки 1 і 8).



КРОК 10. Визначити оперативний час (ОЧ).

Оперативний час - це наявні ресурси часу, який складають конфліктний час T_f і до конфлікту T_2 . T_2 - час визначення розташування отвору: отвір освітлюється, але полум'я далеко від неї. T_1 - час прицільного наближення полум'я до отвору.

КРОК 11. Визначення ресурсів речовини та поля.

Представлені ресурси являють собою поля та речовини, які вже є або можуть бути легко отримані. Можна відзначити 4 основні види ресурсів

речовини та поля: для інструменту, верстата, клієнта та оператора.

Зовнішньо системні ресурси речовини та поля можна систематизувати для таких складових:

- ✓ середовища, що є специфічним для системи;
- ✓ середовища загального (гравітація, магнітне поле Землі тощо).

Надсистемні ресурси речовини та поля:

- ✓ відходи сторонньої системи;
- ✓ безкоштовні елементи.

Примітка: при вирішенні міні-завдання потрібен мінімум показаних ресурсів, тому застосовують спочатку внутрішньо системні, потім зовнішньо системні та в останню чергу - надсистемні. При розвитку відповіді та при вирішенні максі-завдання необхідно використовувати максимум різних різновидів ресурсів.

У прикладі були відзначені ресурси речовини та поля інструменту - полум'я (потік продуктів горіння); клієнта - отвір (границі отвору у склі); середовища - повітря; ресурси надсистеми відсутні (не помічено).

КРОК 12. *Записати формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР).*

ІКР-1: Х-елемент, абсолютно не ускладнюючи систему і не викликаючи шкідливих явищ, усуває (вказати шкідливу дію) протягом оперативного часу у межах оперативної зони; зберігає здатність інструменту здійснювати (вказати корисну дію).

До нашого прикладу ІКР-1: Х-елемент, абсолютно не ускладнюючи систему і не викликаючи шкідливих явищ, забезпечує освітлення отвору при відсутньому провіднику та не заважає полум'ю запаювати отвір.

КРОК 13. *Посилити формулювання ІКР-1 додатковою вимогою: у систему не можна вводити нові речовини та поля, необхідно використовувати ресурси речовини та поля.*

Примітка: при вирішенні міні-завдання використання ресурсів

речовини та поля розглядаються у порядку ієрархії ланок.

У книзі Саломата Ю.П. [17] вказується близький до цього порядок: ресурси речовини та поля інструменту, зовнішнього середовища, побічні ресурси, ресурси клієнта (заготовки, майбутні вироби).

Отже, подальший аналіз вимагає перевірки чотирьох ліній ресурсів речовини та поля. При цьому, як зазначає Саламатов, «достатньо вести аналіз до отримання ідей відповіді: якщо ідею отримано, наприклад, на «лінії інструменту», можна не перевіряти інші лінії».

При вирішенні максі-завдання доцільно перевірити всі лінії, що існують у даному випадку.

Послідовний аналіз ліній рішення можна замінити на паралельний; тут може спрацювати корисний ефект: перенесення ідеї з однієї лінії до іншої, схрещування чи сприяння ідей (ліній рішення).

Посилений ІКР-1: полум'я, абсолютно не ускладнюючи систему і не викликаючи шкідливих явищ, забезпечує освітлення отвору за відсутнього провідника.

КРОК 14. Записати формулювання фізичної суперечності: оперативна зона протягом оперативного часу повинна бути (вказати фізичний стан, наприклад, бути гарячою), щоб виконувати (вказати одну з конфліктуючих дій), і повинна бути (вказати протилежний фізичний стан, наприклад «бути холодною»), щоб виконувати (вказати іншу конфліктуючу дію або вимогу).

Примітки: фізичним протиріччям називають протилежні вимоги до стану оперативної зони; якщо повне формулювання завдання достатньо складне, то можна дати коротке формулювання: елемент (ланка або частина системи в оперативній зоні) повинен бути, щоб (вказати), і не повинен бути (вказати). Фізичне протиріччя: протягом оперативного часу ланка повинна бути електропровідною, щоб забезпечувати освітлення отвору, або повинна бути неелектропровідною, щоб не містити провідник (з метою не псувати його).

КРОК 15. *Записати формулювання кінцевого результату*

ІКР-1: оперативна зона (вказати) протягом оперативного часу (вказати) повинна сама забезпечувати (вказати протилежні фізичні стани).

ІКР-2: полум'я протягом оперативного часу повинно бути електропровідним для того, щоб отвір був освітлений та не був задіяний провідник (зовнішній електрод).

По суті, завдання вирішено: полум'я - це плазма, яка є електропровідною; тому зовнішній електрод більше не потрібен.

Припустимо, що ми не знали про електропровідність плазми, тому й не зрозуміли, що завдання вже вирішено. Отже, ми продовжуємо вирішувати завдання, користуючись алгоритмом ТРВЗ.

КРОК 16. *Використовувати метод ММЧ* (метод маленьких чоловічків за Альтшуллер Г.С., 1979 р.). Методика застосування даного правила:

- 1) *виділити частину об'єкта*, яка може виконати протилежні дії та уявити цю частину як натовпу маленьких чоловічків (МЧ);
- 2) *розділити МЧ групи*, що діють (переміщуються) за умовами завдання, тобто не кращим чином (як задано);
- 3) *розглянути отриману модель завдання* (рисунок МЧ) та перебудувати її так, щоб виконувались конфліктуючі дії, тобто дозволялося протиріччя.
- 4) *Перейти до технічної відповіді.*

МЧ повинні стояти ідеальними колонами, виходити звідти, де їх надлишок і прямувати туди, де їх неолік.

Нехай МЧ стоять у склі, в отворі, у повітрі та у полум'ї. Конфлікт виникає у тому, що зовнішнього електрода немає і тому ніхто не передає МЧ повітря електричні заряди. Передачу не можуть зробити МЧ скла, отже передавати повинні *або МЧ повітря, або МЧ полум'я*.

Знову відбулася підказка до технічної відповіді. Припустимо, що ми не зрозуміли підказки. Здійснюємо наступний крок алгоритму ТРВЗ.

КРОК 17. Мобілізація ресурсів речовини та поля.

Сутність методу полягає у тому, що у систему не можна вводити нові поля та речовини або звести їх до мінімуму. Якщо це неможливо, потрібно спробувати змінити існуючі ресурси за наступними правилами:

- 1) Використовувати суміш двох ресурсних речовин або суміш однієї речовини з порожниною. Порожнеча (як ресурс) є необмеженою завжди, вона безкоштовна і завжди готова змішуватися з будь-якою речовиною. Порожнеча не завжди вакуум. У твердій речовині порожнеча заповнена рідиною або газом, а в рідкій - тільки газом.
- 2) Перейти до використання дво- та поліречовин, складених з окремих моноречовин (наприклад, блокнот замість одного товстого листа).
- 3) Використовувати речовини, похідні від ресурсних (або суміш цих похідних з порожнечою).

Примітка: речовина як система має багаторівневу ієрархію:

- кількість речовини (маса, об'єм, лист, куля, дріт тощо);
 - агрегати молекул, кристали, полімери;
 - складні молекули;
 - молекули;
 - атоми;
 - частини атомів;
 - елементарні частки;
 - поля.
- 4) Використовувати замість речовин електричне поле чи взаємодію двох полів.
 - 5) Використовувати пару «поле - добавка речовини, що відгукується на полі» (наприклад, магнітне поле і феромагнітна речовина, ультрафіолетове світло і люмінофор тощо).

Розв'язання завдання тим ефективніше, що менше витрати ресурсів речовини та поля. Припустимо, що 17 крок або не дав нам підказки до

вирішення завдання, або ми не зрозуміли підказок. Переходимо до наступного кроку.

КРОК 18. *Усунення фізичної суперечності за допомогою типових перетворень.*

Саламат Ю.П. наводить таблицю «Дозвіл фізичних протиріч», у якій дав перелік помічених принципів вирішення та номери винаходів, у яких вони використані [4].

КРОК 19. *Застосування «Покажчика ефектів»*

У навчальному посібнику «Як стати винахідником» (1990) [17] Саламатов Ю.П. наводить список ефектів по розділах: 1) механіка: інерція, гравітація, тертя; 2) деформації; 3) молекулярні явища; 4) гідростатика та гідродинаміка; 5) коливання та хвилі; 6) електромагнітні явища; 7) електричні властивості речовин та діелектрики; 8) магнітні властивості речовин; 9) електричні розряди; 10) світло та речовина; 11) хімічні ефекти. У покажчику до кожного ефекту наведено приклади номерів винаходів, у яких використані ефекти.

Половінкін А.І. у навчальному посібнику [24] «Основи інженерної творчості» (1988 р.) наводить таблицю з переліком 120 фізико-технічних ефектів: найменування, вхід, об'єкт, вихід, сутність.

3.2.3.3. Основні узагальнення теорії винахідницьких рішень

1. Оформлення заявки на винахід слід робити за формами, необхідними вказівками щодо оформлення заявок «Відкриття, винаходи та раціоналізаторські пропозиції» (нормативні акти).

2. Можна відзначити наступні ***п'ять рівнів творчості***.

Перший рівень винаходів - це вирішення винахідницьких завдань, які очевидні кожному фахівцю і в них не містяться технічні протиріччя. За методом проб і помилок їх вирішення потрібно трохи більше 10^1 спроб. Це найбільш дрібні винаходи, що обмежуються однією професією.

Другий рівень (10^2 проб) - дрібні винаходи у межах однієї галузі.

Третій рівень (10^2 - 10^3 проб) - середні винаходи у межах однієї науки. Використовуються несподівані застосування відомих механічних, фізичних та хімічних ефектів.

Четвертий рівень (10^3 - 10^4 спроб) - великі винаходи. Синтезується нова система без технічних протиріч, які залишилися у прототипі. Технічні протиріччя усуваються засобами, що лежать за межами науки, в якій виникло завдання (наприклад, механічне завдання вирішується хімічними методами). Цей принцип стає засобом розв'язання багатьох інших завдань нижчих рівнів. Наприклад, винахід 1963 р. «теплової труби» (Г.М. Гровер, США). Швидкість передачі тепла виявилась у тисячі разів більша, ніж у срібного стрижня того ж діаметру. Широко поширена у техніці з 1964 р.

П'ятий рівень (понад 10^5 проб) - найбільші винаходи або відкриття. Вони створюють принципово нову технічну систему. Засоби розв'язання задачі лежать за межами сучасної науки. Спочатку робиться відкриття, а потім на основі наукових даних вирішується винахідницьке завдання. Виникає нова галузь техніки (авіація, радіо, ЕОМ, лазер, кіно, мобільні телефони тощо).

Приклади відкриттів: напівпровідник (Лосєв О., 1922, Росія); електрети (М. Єгучі, 1924, Японія), пам'ять форми у металах (Г.В. Курдюмов, Л.Г. Хандрос, 1948 р.), томографія (В.А. Іванов, Заявка відхилена в 1960 р і прийнята в 1984 р.).

3.3. Вступ у теорію біоконверсії

3.3.1. Ланцюги живлення

Дорослій людині потрібно отримувати за добу з їжею 2,5 - 3 тисячі кілокалорій та 40 г тваринного білка. Відчуття «голоду» починається при споживанні менше 2 тис. кілокалорій та менше 10 г тваринного білка.

На Землі існують різні зони *біоценозів*, що відрізняються складом

флори та фауни. Існує 3 етапи кругообігу речовин у біоценозах або 3 трофічних рівнів:

- продуценти (рослини);
- консументи первинні (тварини, що споживають рослинну їжу) та вторинні (можливо отруйні);
- сапротрофи – редуценти (руйнівна органічна речовина).

Консументи вторинні споживають як тваринну, так і рослинну їжу. Ю.Ф. Новіков [25] зазначає, що негативні посилки на адресу тваринництва зазвичай такі:

- ✓ тварини - неефективні «перетворювачі» одних джерел харчування на інші;
- ✓ тваринницькі продукти неминуче дорожчатимуть зі зростанням енерговитрат у тваринництві;
- ✓ збільшення щільності поголів'я на пасовищах і фермах шкодить навколишньому середовищу.

Проте уникнути тваринної їжі людині важко через наступні аргументи.

1) Тварини амінокислоти є незамінними для вторинних консументів (у т.ч. для людини).

2) Консументи вторинні приймають до їжі дуже малу частку з видів рослин і взагалі не їдять соломку, бадилля, пасовищні рослини. А тварини їдять.

3) Без кормових трав порушиться сівозміна та знижуються врожаї зернових культур, що являють основне джерело рослинного білка для людини.

4) Гній необхідний для землеробства, складаючи живильний шар для розвитку корисних мікроорганізмів: 200 років тому І. Комов вважав гній більш цінним, ніж молоко.

Академік Л.К. Ернст виділив такі основні напрямки біотехнічної революції у ХХІ столітті:

- ❖ Потрібні високопродуктивні породи тварин, створення яких вимагає впровадження штучного осіменіння та пересадки ембріонів.
- ❖ Потрібні тварини, які не реагують на хвороби цивілізації, що обґрунтовує необхідність розробок «генної інженерії».
- ❖ Потрібні синтетичні гормони для управління основними процесами життєдіяльності тварин, зокрема, зростання, дозрівання, розмноження, продукція, енергозбереження всередині організмів тварин.
- ❖ Потрібні нові проектно-технологічні рішення ферм та техніки для полегшення праці та для ліквідації протиріч між ланками біотехнічних систем.
- ❖ Потрібні повноцінні раціони кормів.

Ф. Новіков додає, що також необхідно ліквідувати конкуренцію у харчуванні між людиною та тваринами, для чого потрібно підвищити *коефіцієнт біоконверсії*, який характеризує питомі витрати кормів у процесі створення тваринницької продукції. При цьому можна відзначити, що у природі існує 9 типів взаємодії між істотами, серед яких хижацтво, паразитизм, симбіоз та інші. Сильні негативні взаємодії звичайні для молодих екосистем, але з часом вони згасають, сприяючи виживанню максимуму видів істот.

3.3.2. Енергетична цінність продуктів

А.І. Несміянов та В.М. Беліков [26] пояснюють сутність харчування: «енергію дають нам атоми вуглецю і водню, з'єднуючись із киснем, тобто «згоряючи у кисні». 7000 калорій приносить кілограм вуглецю, а кілограм водню - близько 30000. Отже, чим більше вуглецю і особливо чим більше водню у молекулі, тим більш цінним є продукт у якості пального. Нафта, що складається із чистих вуглеців може вивільнити 10 - 11 тис. кал / кг. Найбільш цінним паливом вважають метан: у ньому 4 атоми водню

приходяться на кожен атом вуглецю. Присутність кисню у молекулі сировини для енергоносія означає, що горіння частково вже відбулося, а деякі атоми вуглецю або водню віддали свою енергію.

У молекулах жирів містяться лише 2 атоми кисню: обидва перебувають у кислотному залишку COOH ; решту складають вуглець і водень.

У білках, окрім баластного кисню, входить ще й азот. Стосовно участі азоту у процесах окислення навіть його аббревіатура «а-зот» визначає нежиттєвий, інертний. Щоб запалити його, потрібна принаймні енергія блискавки, чого у нашому шлунку не виникає.

Таблиця 3.6

Калорійність деяких харчових продуктів

Продукт	Енергія, ккал/ кг	Продукт	Енергія, ккал/кг
Жир яловичий	8970	Оселедець тихоокеанський	2240
Олія соняшникова	8990	Хліб житній	2140
Масло вершкове	7480	Гриби білі	1167
Маргарин	7460	Дріжджі кормові	1113
Свинина	3810	Баранина	2030
Цукор	3740	Яловичина	1870
Сир голландський	3610	Яйця курячі	1570
Манна крупа	3260	Картопля	830
Горох	3030	Окунь річковий	820
Мармелад	2960	Молоко	580
Ковбаса докторська	2600	Яблука	460
Курятина	2410	Кавун	380
Сир	2260	Капуста	280
Хліб пшеничний	2260	Шампіньйони сушені	1920

Жири можна вважати найкращим пальним номінально, але зовсім не обов'язково. Організм легко замінює його вуглеводами, а якщо вуглеводів

немає, замінює і білками. Гостро необхідні лише деякі ненасичені кислоти, які містяться у жирах, переважно ліноленова і арахідонова. Останні речовини відносять до вітамінів. Окрім того, життєво важливими для нас є фосфоліпіди, які мають місце через наявність у жирах фосфорної кислоти. Вони забезпечують організм фосфором і допомагають перетворювати жири в емульсії у вигляді дрібних крапельок у розчині. До фосфоліпідів належить і холін - речовина, що необхідна для передачі сигналів по нервовій системі.

3.3.3. Коефіцієнт біоконверсії

Французький філософ XVIII сторіччя Ж. Ламетрі вважав, що за способом перетворення енергії тварина не відрізняється від машини. Р. Декарт також вважав, що живий організм та машина тотожні.

Засновник російської фізіології І.М. Сеченов писав: «тваринна теплота зобов'язана своїм походженням у тілі лише хімічним актам його».

Російські вчені Ю.А. Овчинніков та А.М. Шамін дають таке визначення живих організмів: «Життя - це процес підтримки та відтворення специфічної структури, що йде з витратою енергії», тобто класів біополімерів, які містять нуклеїнові кислоти та білки.

Щодо структури, то Л. Тарасов зазначає, що живі організми прагнуть асиметрії свого тіла; а неживі, навпаки характеризуються спрямуванням до симетрії у формі кристалів чи аморфності: «пристрасть рослин до поворотної симетрії 5-го порядку, яка, як відомо принципово неможлива у періодичних структурах, можна пояснити обумовленою такою симетрією гарантією збереження рослиною своєї індивідуальності».

Н.В. Белов вважає, що «...п'ятірна вісь є своєрідним інструментом боротьби за існування, страховкою проти скам'яніння, проти кристалізації, першим кроком якої була б «захоплення ґратами»: мається на увазі 14 типів ґрат Браве для побудови орнаментів; багато квітів мають 5 пелюсток, але така симетрія у тваринному світі поки що вкрай рідкісна (морська зірка,

морський їжак).

М. Гарднер вважає, що «рослини використовують симетричні сполуки на кшталт води та вуглекислого газу і перетворюють їх на асиметричні молекули крохмалю та цукрову. Тіла всіх живих істот насичені асиметричними вуглецевими молекулами, а також асиметричними спіралями білків та нуклеїнових кислот».

Ю.Ф. Новіков [25] розглядає процес побудови тварин організмів з рослинного корму з позиції витрат енергії: «справжній коефіцієнт корисної дії домашньої тварини, або коефіцієнт біоконверсії, - це відношення корисної енергії, отриманої з продуктами тваринництва, до тієї загальної, яку довелося витратити на всі статті витрат у кормовиробництві».

Інші дослідники вважають, що за визначенням коефіцієнт біоконверсії повинен враховувати процеси тільки всередині даної тварини. Тоді коефіцієнт біоконверсії буде виражений ставленням

$$K_6 = E_{\Pi} / E, \quad (3.3)$$

де K_6 - коефіцієнт біоконверсії; E_{Π} - енергія, що запасається у продуктах життєдіяльності; E - енергія, яка споживається тваринами із корму.

Ю.Ф. Новіков виділяє наступні фактори, що впливають на коефіцієнт біологічної конверсії.

За формою тіл тварини організми можна поділити на пойкилотермні, що мають температуру тіла, яка дорівнює температурі навколишнього середовища; та гомойотермні, що мають вигідну їм температуру тіла.

Пойкілотермні тварини втрачають тепло у навколишньому середовищі. Тому для економії втрат ідеальною має бути форма тіла у вигляді кулі, яка характеризується мінімальною поверхневою потенціальною енергією. Чим більша куля, тим менші питомі втрати; чим більша маса тварини, тим більш економічним є організм. Кулясті форми складають первинні форми на Землі. Такі форми є також серед сучасних мікроорганізмів. Принаймні великі свійські тварини енергетично більш вигідні.

Корова витрачає на кореляцію та підтримку температурного рівня до 20% енергії. Це енергія підтримки гомеостазу, що використовується для дихання, потовиділення, кровообіг, секреція залоз, робота нервової системи.

Пойкілотермні тварини пристосувалися не лише за теплого, але й холодного клімату. Взимку такі тварини впадають у сплячку, причому не тільки холоднокровні; така поведінка характерна і для деяких теплокровних тварин, зокрема, ведмедів та борсуків.

Важливою характеристикою та перевагою сучасних порід тварин є їх *технологічність*, тому що свійські тварини створені людиною шляхом відбору та технологічного впливу, який складав підбір батьківських пар, регулювання спарювань, підбір пар за віком, вибракування молодих самців і самок, роздільне утримання самців та самок, штучне осіменіння, генетичні зміни. Як результат сучасні молочні корови дають молока більше втричі, ніж 100 років тому, а споживають кормів на одиницю продукції у 1,5 - 2 рази менше.

Окрім того, перспективні технології виробництва продукції тваринництва передбачають рівномірне одержання низки продуктів протягом року. Особливо це стосується молока та яєць.

Витрати на рух також вимагають споживання енергії. Економія енергетичних витрат у даному випадку спостерігається на боці більш великих тварин. Собака масою 2,6 кг, що йде зі швидкістю 1,3 км на годину, витрачає 6 кілокалорій. Миша масою 25 г при швидкості 1 км/год витрачає вже 29 кілокалорій. Однак на шляху створення великих тварин є природні обмеження.

А.А. Богомолец вважає, «що серед найбільших чудовиськ минулих епох не було велетня, у якого відстань від серця до найвіддаленішої від нього точки по вертикалі перевищувала б 9 метрів, тобто висоту стовпа крові, тиск якого приблизно дорівнює атмосферному».

Найменше витрачають енергії на переміщення риби, за ними йдуть

птахи і лише потім ссавці. Але швидкість пересування є найбільшою у птахів і найменшою - у морських тварин. З позиції витрат енергії на переміщення водоплавні тварини є найбільш ефективними, тому витрата корму на приріст у риб мінімальна. Для отримання високого коефіцієнта біоконверсії у птахів потрібно обмежити їх у русі, наприклад, при розміщенні їх у замкненому середовищі. Качка витрачає енергії при плаванні у 10 разів більше, ніж риба; для людини плавання є справа, яка у 5 разів більш енерговитратна, ніж біг. Чотириногі тварини витрачають енергії у 2 рази менше, ніж двоногий чоловік.

Тварини у лежачому положенні витрачають на 10 - 25% менше, ніж стоячи. Тому м'ясним тваринам перед забоєм обмежують рухи, розміщуючи їх у клітинах або на прив'язі. Однак без руху тварини страждають, особливо у період їхнього спарювання. Але іноді й у період продуктивної їх експлуатації без руху знижується тонус організму. Виявляється, що швидкість спортивних тварин можна регулювати кормами. У 1926 р. А.А. Богомолец поділив скакових коней на 3 групи за ступенем втрати лужного запасу, вмісту цукру у крові та накопичення молочної кислоти: «кисла», «нейтральна», «лужна» групи. Найбільш стомлюваними виявилися тварини з «кислої» групи. У таких жеребців із раціону прибрали овес та кров'яне борошно, замінюючи їх білками з фосфатами, мелясою та пивними дріжджами. За такого годування орловський рисак «Півник» отримав титул «кінь сторіччя».

Витрати на дихання та обігрів мають місце на постійній основі у процесі життєдіяльності тварин; у результаті мікробіологічних процесів, що відбуваються при зберіганні продукції рослинного походження. Ембріони всіх тварин користуються дифузійним диханням: безпосередньо через клітинні стінки. Таке дихання притаманне всім одноклітинним та дрібним організмам. Такий же спосіб лежить в основі дихання через зябра та легені. Однак у XVI столітті З. Санторіо за результатами своїх досліджень

встановив, що дихання здійснюється методом дифузії через поверхню тіла, тобто через шкіру.

Товщина тіла в організмі з чисто дифузійним диханням не може бути більше міліметра. Робота зябер та легень потребує витрат м'язової енергії. Пойкілотермні тварини не витрачають енергію на регуляцію температури, але втрачають рухливість при зниженні температури навколишнього середовища. За рухливість у холоді гомойотермні організми сплачують підвищеною витратою енергії на підтримку температури свого тіла.

Витрати на охолодження напряму пов'язані із особливостями теплообміну тварин з навколишнім середовищем або з приміщенням для зберігання. Пустельні тварини для економії води у тілі не мають потових залоз. Видобуток вологи з повітря або викид вологи регулюється теплообміном; наприклад, у порожнині носа, як у кенгурового щура або вдихом через ніс, а видихом через рот, як у собаки. Одночасно відбувається охолодження організму. Верблюд уникає потіння, підвищуючи температуру тіла вище за температуру середовища. Але більшість тварин охолоджуються за рахунок випаровування поту з поверхні тіла.

Мінімальні витрати енергії на охолодження та нагрівання лежать у межах термонеїтральних зон. Для корів це 8...16°C, бичків - 6...8, овець - 0...29, кіз - 12...21, свиней - 20...23°C. За межами зон збільшується витрата енергії, а значить і кормів, саме для охолодження або нагрівання тіла. На фермах така проблема вирішується будівництвом закритих приміщень для тварин з опаленням, з охолодженням, з вентиляцією та кондиціонуванням повітря. До речі принцип теплообміну в носі кенгурового щура має аналог у двигуні Стерлінга Р., який винаходив його в 1816-1840 роки. Двигун досі удосконалюється.

Витрати на обмін крові виникають при роботі серцево-судинної системи. Кров перекачується серцем, що безумовно потребує енергії. Існують тваринні багатосерцеві, односерцеві та безсерцеві.

Витрати на відтворення викликані змістом статеві системи, виконанням обрядів спарювання, будівництвом гнізд і нір, охороною та вирощуванням потомства. Дикі тварини економлять такі витрати за рахунок сезонності відтворення. Людина при роботі з одомашненими тваринами відбирала плідних, швидкорослих, з коротким терміном вагітності, зі швидким досягненням статеві зрілості.

Ряд домашніх тварин, наприклад, всі птахи, свині, кішки взимку не здатні прогостувати або замерзають без людської опіки. Тільки домашні олені, як і якутські низькорослі коні здатні добувати корми з-під снігу. У той час, як привезена у 1945 році партія німецьких коней, що була вигнана якутами до лісу взимку на годівлю, загинула з голоду. З вищеназваних причин не була одомашнена найбільша літаюча птиця вітчизняних степів - дрохва. Нещодавно приступили до утримання у домашніх умовах перепілок, яка у неволі добре розмножується та кладе багато яєць.

Витрати на нервову регуляцію можуть бути пов'язані із нормальним функціонуванням тварин, подоланням тимчасових стресів. Чим простіше нервова система, тим менші мають місце витрати енергії на регуляцію. Винятки можуть скласти жеребці тяжкоупряжних порід, які витрачають більше енергії на роботу, ніж жеребці тієї ж породи; але з підвищеною, а не зі зниженою нервовою активністю. Також корови сильного нервового типу краще зберігають енергетичний баланс, ніж корови слабкого типу.

Нервова система діє як безпосередньо на органи організму, так і через залози внутрішньої секреції. Тому перезбудження, переляк, люті, страждання, гніт сусідів по стаду, бійки – все це об'єднується під поняттям «стрес» або нервовий дискомфорт. При стресі виділяється гормон адреналіну, який стимулює витрату глюкози мозком. У корів при стресі зменшуються на 5... 15% надойв молока.

Витрати на обмін речовин підвищуються із інтенсифікацією циклів життєдіяльності організму, що викликає підвищення витрат енергії.

Засвоєння жирів підвищує інтенсивність обміну на 6%, вуглеводів - на 10%, білків - на 19%. Через годину після годування у великої рогатої худоби підвищується споживання кисню на 14%, а ще через 2 години - на 28%. У корів після годівлі газообмін збільшується на 30...45%, коней - на 19...93, у свиней - на 50...88%. Загалом прийом та засвоєння їжі вимагає підвищення витрати енергії на 20...30%, оскільки у перервах між годуванням дані витрати зникають.

Орієнтовно енергетичний баланс біоконверсії має такий вигляд. Якщо енергію корму прийняти за 100%, то частки витрат цієї енергії на головні процеси організму становлять:

- підтримка гомеостазу до 20%;
- м'язова робота до 13%;
- продукція до 15%;
- відходи (гній, сеча) до 48%.

Звідси випливає, що коефіцієнт біоконверсії кормів у продуктів тваринництва є досить низьким – близько 0,15. Якщо зважити на корисну м'язову роботу тяглової худоби, то ККД тварини складе: $(13\% + 13\%) / 100\% = 0,26$. Це можна порівняти з ККД деяких машин, що виправдовує припущення Ж. Ламетрі та Р. Декарта про схожість перетворення енергії машинами та тваринами.

Коефіцієнт біоконверсії можна орієнтовно розрахувати, знаючи статистичні дані про витрату кормів на виробництво продукції. Так у СРСР у найкращі роки для тваринництва (у 1970-ті роки) фактичні витрати корму з урахуванням розкрадання та приписок, характерних для тих років, представлені у таблиці 3.7.

Радянська кормова одиниця (к.о.) була прийнята у 1922 - 23 рр. За одиницю прийнята поживність 1 кг середнього сухого вівса, що визначається за жировідкладенням у великої рогатої худоби. К.о. дорівнює 150 г жиру або 1414 ккал (5,95 МДж). Одна кормова одиниця складає

відповідно 0,6 крохмального еквівалента. Скандинавська к.о. дорівнює поживності 1 кг сухого ячменю і названа термом. 1 терм дорівнює 1 Мкал. Зокрема, у США, Німеччині, Англії оцінка кормів визначається за сумою перетравних речовин. Можна відзначити, що усі представлені оцінки є недосконалими. У нашій роботі пропонується орієнтовно визначати коефіцієнт біоконверсії за рівнянням

$$K_o = Y / 1414X \quad (5.2)$$

де X - фактичні питомі витрати кормових одиниць виробництва 1 кг продукту тваринництва; Y – енергія 1 кг продукту.

З таблиці 3.2 випливає, що на промислових фермах і комплексах коефіцієнт біоконверсії вищий, ніж на дрібних фермах через більш високу культуру виробництва та сучасних технологій, а також через менші розкращання та відходи кормів.

Несподівано велика витрата корму у рибництві отримана через відсутність у ряді господарств дипломованих фахівців, а також пов'язана з витратами у ґрунт (мул), розчинення тіста і гранул у воді. Мабуть, багато комбікорму розкращається. Слід застосовувати спеціальні рибні гранули, що є стійкими до розмокання протягом 4 - 5 год. Такі гранули отримують методом вологого пресування.

В.І. Фісін та Г.К. Отриганьєв, аналізуючи фабричне виробництво пташиного м'яса, вважають, що за ефективності перетворення білка корму на білок м'яса бройлерів (циплята-гібриди м'ясних і яєчних курей) поступаються лише рибам: «витрачаючи 100 кілограмів корму, можна отримати 44,4 кілограма м'яса курчат-бройлерів, а яловичини - лише 12,5 кілограма». Єдиний свійський птах гусак є повністю травоядним. Дорослий гусак з'їдає за добу до 2,5 кг зелені. За харчуванням гусак, як і корова, верблюд, вівця не є прямим конкурентом людини у харчуванні. У Європі проводять примусове відгодовування гусей для отримання гусячої печінки, яка за поживністю прирівнюється до осетрової ікри і користується великим

попитом.

А.П. Штеле відзначає швидке зростання гусенят: «гусята-бройлери ростуть дуже швидко і вже у перші 2 місяці життя досягають живої маси 4 і більше кілограмів. У цей період подвоєння їхньої маси тіла відзначається через кожні 6 - 8 днів, в інших свійських птахів це відбувається не швидше, ніж через декаду», тобто через 10 днів. Проте, починаючи з 1950-х років поголів'я гусей на фермах стало помітно знижуватися. Негативні зміни, що відбулися, є тим більш образливі, враховуючи, що наша країна здавна займала перше місце у світі.

Таблиця 3.7

*Середньостатистичний коефіцієнт біоконверсії у тваринництві
СРСР у 1970-і роки*

Продукт	Ккал / кг (у)	Витрати кормових одиниць на 1 кг продукту	Середній (X)	Коефіцієнт біоконверсії (Кб)
Молоко	580	0,9...1,85	1,38	0,297
Яловичина (молочні породи)	1870	8,9...10,2	9,55	0,138
Яловичина (м'ясні породи)	1870	14,9...10,6	12,75	0,104
Свинина	3810	5,0...8,8	6,9	0,391
Вовна овець	-	970...144,4	557	-
М'ясо овець	2030	9,7...10,1	9,9	0,145
Каракулеві шкірки	-	75	75	-
Шерсть каракулевих овець	-	120	120	-
М'ясо каракулевих овець	2030	8,5...11	9,75	0,147
Курячі яйця	1570	198...269 180	4,48 1,8*	0,248 0,617*
М'ясо курей	2410	5,22...6,95	6,08	0,280
М'ясо гусей	4050	3,99...9,05	6,52	0,439
М'ясо індиків	2050	4,9...10,83 1,79...3,08	7,87 2,44*	0,184 0,594 *
М'ясо качок	3460	4,82...10,1 7	7,50 5,0*	0,326 0,489*
М'ясо кроликів	1990	9,6...8,5	9,05	0,156
Риба (короп), нагул	870	4,0...6,8	4,7	0,131
Риба (короп), вирощування	870	3,5...5	3,8	0,162

*Примітка: * - отримані на промислових фермах та комплексах*

Багато гусячих ферм було у Криму у 1970-і роки. Зоотехніки пояснюють подальше закриття ферм двома причинами:

- непристосованістю м'ясокомбінатів до переробки гусячих стад;
- епізоотією, яка вразила ферми після відвідин їх однієї іноземної делегації.

Таким чином, гуси у нашій країні було знищено, а всі ферми були закриті.

3.3.4. Коефіцієнт корисної дії фотобіосинтезу

Для отримання енергії з біомаси зазвичай використовують відходи сільського та лісового господарств. Вирощують спеціально енергетичні культури для отримання спирту та олій для заміни бензину, дизпалива та олій. Відходи переробляють у біогазових установках (метантенках) для одержання пального газу (метану). Складність вибору способів і засобів перетворення енергії викликана багатоступінчастою біоконверсією енергії при отриманні її з біомаси.

Зазвичай вибір обґрунтовують економічним аналізом та балансом енергії. Перший спосіб є ненадійним через зміну цін на види енергії, а другий - враховує лише перший закон термодинаміки, зважаючи на якість енергії та її перетворюваність. Перетворюваність енергії за другим початком термодинаміки можна оцінити ентропійним аналізом, але це ненаочно та трудомістко через використання методу оборотних циклів.

На етапі перетворення біомас під дією оптичного випромінювання можна прийняти, що фотосинтез у рослинах, як біохімічний процес для одержання газу або рідини, супроводжується використанням вільної енергії Гіббса, яку можна вважати тотожною енергії технічного перетворення енергії.

Свентицький І.І. та Георгієв Г.Д. (Росія та Болгарія, 1989)

розраховували теоретичний ККД перетворення сонячної енергії на біологічну (за фотосинтезом) за формулою Карно (те ж, що й ексергія)

$$\eta_{\phi} = 1 - (T_0 / T_1) \quad (3.5)$$

де T_0 і T_1 - температура середовища і Сонця.

ККД коливається не більше 0,73...0,95. Однак за законом квантової еквівалентності випромінювання ефект фотосинтезу є пропорційним числу поглинених фотонів, а не енергії. Ексергія сонячного випромінювання становить лише 20% його енергії через відмінність властивостей рослин від властивостей абсолютно чорного тіла як поглинача енергії. Саме 20% сонячного спектра, що надає фотосинтезну дію, лежить у межах 660...680 нм.

Відносне максимальне значення спектральної ефективності дорівнює одиниці при довжині хвилі 680 нм. Абсолютне значення ексергії при цьому дорівнює 500 КДж при розкладанні грам-молу CO_2 або утворенні O_2 у процесі фотосинтезу. ККД, що дорівнює теоретичному 0,95, отримано Варбургом при мінімальному квантовому витраті, що дорівнює трьом, за довжини монохроматичної хвилі 680 нм. Для 8-квантової витрати енергії ККД дорівнює 0,36. Кожна рослина має оптимум продуктивності від температури фотобіосинтезу. Окрім того, на ефективність досліджуваного процесу також впливають вологість повітря та ґрунту, які можна розглядати як обмеження.

Енергію фотосинтезу оптичного випромінювання з урахуванням її зменшення від кліматичних факторів Свентицький І.І. та Георгієв Г.Д. рекомендують визначити за виразом

$$l_{\phi} = \sum_{i=1}^n l_{\phi Ci} K_{ni(min)} \quad (3.6)$$

де $l_{\phi Ci}$ - енергія фотосинтезу оптичного випромінювання, що проходить за невеликий проміжок часу (0,5; 1; 2 год); $K_{ni(min)}$ - коефіцієнт зменшення ексергії від того з кліматичних факторів, який на даний момент знаходиться

у відносному максимумі.

Для складного сонячного випромінювання енергія фотосинтезу становить

$$I_{\Phi C} = 0,95 \int_{\lambda_3=300}^{\lambda_2=750} \varphi(\lambda) K(\lambda)_{\Phi} d\lambda \quad (3.7)$$

де $\varphi(\lambda)$ – спектральна інтенсивність сонячного випромінювання;

$K(\lambda)_{\Phi}$ - відносна спектральна ефективність фотосинтезу.

Значення оптичного випромінювання, що було обчислене за виразом (5.5) для опромінення на поверхні землі дорівнює 0,2. Це означає, що тільки 20% спектру сонячних променів бере участь у фотосинтезі біомаси рослин, а ККД процесу фотосинтезу може мати тільки менше значення, ніж 0,2; оскільки на синтез впливає не тільки кисень, але й зміна температур, наявність або відсутність дощів і т.д. ККД буде знижено через бідність ґрунту, відсутність добрив. У гіршому випадку врожай може повністю бути відсутнім через посуху, грибкову поразку і навіть через бур'яни та ін. Ряд фахівців вважають, що фактичний ККД фотобіосинтезу становить 5...8%.

3.3.5. Вибір рослин у культурі

Кожна географічна зона має власний набір культурних рослин. Але деякі культурні рослини не витримують конкуренції і повністю виходять із вживання у культурі.

Герой казки А.С. Пушкіна працівник Балда погодився працювати, харчуючись лише найбільш дешевою їжею «полбою». Значить на той час полба мала широке поширення. Існували 4 культурні види полби: двозернянка, пшениця спельта, пшениця маху та пшениця Тимофєєва. Зараз усі вони не вирощуються і зберігаються тільки у генофонді інституту ВІР міста С.-Петербург. Існують і дикі види полби: двозернянка, однооста однозернянка та двовісна однозернянка. Зберігають їх за те, що вони стійкі до грибних захворювань і є матеріалом для селекції нових сортів пшениць.

Полба була витіснена новими сортами пшениць із вищим урожаєм. Ще 100 років тому їх урожаї становили від «сам п'ять» до «сам десять», тобто один центнер насіння дозволяв виростити врожай від 5 до 10 центнерів із гектара. Урожай у 100 пудів (16 ц/га) вважався чудовим. Нові сорти пшениці, що були виведені після середини XX сторіччя у Радянському Союзі, дозволили отримувати врожай 40 - 70 ц/га, а в експерименті - понад 100 ц/га. Авторами сортів стали Лук'яненко П.П., Ремесло В.М., Калененко І.Г., Мамонтова В.М. Наші вітчизняні сорти обійшли весь світ, врятували світ від голоду, але населення Землі зросло за 50 років у 3 рази і голод повернувся знову, зокрема, у економічно відсталих країнах з високим приростом населення.

500 років тому до Європи було привезено 1 сорт картоплі з Америки. Потенційний урожай культури дозволив впровадити його виробництво, але тільки з примусу влади. Ю.Д. Черниченко наводить цікаві факти впровадження картоплі у Російській імперії.

У 1765 році була розіслана по імперії «Настанова про розведення земляних яблук потетез іменованих». Вельможам було розіслано бульби. Князь Трубецький із 9 бульб виростив 20, граф Апраксін із 16 отримав 210, граф Яків Брюс із 16 отримав вже 600, а Артомон Петрович Ганнібал посадив 40, але нічого не накопав. У 1768 році картопля дійшла до Камчатки. У 1834 і 1840 - 44 роках у Росії пройшли «картопляні бунти» проти відбору земель під картоплю.

Терентій Семенович Мальцев, який ріс на стику XIX і XX сторіччя, відзначав, що у Сибіру серед старовірів-двоєданів вважали картоплю за «чортовим яблуком». Випускникам офіцерських училищ видавали на прощальній вечері делікатес – близько 25 грамів картопляного пюре. А.С. Пушкін у 1833 р. писав друзям, що припустив дивацтво, а саме, їв картоплю. Клеймив жовчно картоплю і Тарас Шевченко: «На Січі мудрий німець виростив картоплю... А чиєю спекотною кров'ю та земля полита, що картоплю народить – все одно вам».

Петербурзький городник-селекціонер Юхим Андрійович Грачов (1826-1877) за чудеса у овочівництві мав 10 золотих та 40 срібних нагород на виставках у Росії, Відні, Кельні, Філадельфії. Він першим зайнявся сортовиведенням картоплі та вивів картоплю всіх кольорів та форм. 1881 року його син демонстрував 93 сорти. Саме вони швидко увійшли до культури в Росії, а потім розійшлися світом.

У 1925 році відбулася експедиція С.М. Букасова та С.В. Юзепчука, а пізніше самого Н.І. Вавілова у Латиноамериканські країни, де зібрали 60 диких та 20 культурних сортів картоплі. Їх слідами пішли експедиції США, Німеччини, Швеції, Норвегії, Англії і навіть Перу, Уругваю і Чилі. Потім 40 років світова селекція виробляла сорти ленінградських вчених. Картопля витіснила ріпу.

Нині картопля являє собою «другий хліб», а у слов'янських республіках і Польщі картопля за масою споживання товару душу населення посідає 1 місце і випередила хліб ще у першій половині XX сторіччя.

Професор Альсмік Петро Іванович, автор знаменитого сорту картоплі «Темп» вважає, що потенціал картоплі за врожайністю не розкрито. Світовий рекорд було досягнуто у 1942 році в Сибіру (Кемеровська область) і становив 1331 ц/га, але за 2 посадки. Серед селян Сибіру є нерідкісними врожаї 800 ц/га. Більший урожай можливий, але зі втратою якості: картопля буде не розсипчаста, а «мозгла» - водянистою. У Білорусі 2 з кожних 3 сільських господарств отримали у 1974 менше 100 ц/га, 1,8% підприємств отримали більше 200 ц/га і тільки 4 з них - більше 300 ц/га. Урожай по Білорусії постійно утримується як «сам-п'ять», а у Голландії – «сам-двадцять» за рахунок калібрування насіння.

Альсмік П.І. вважає, що 800-900 ц/га можна отримувати за умов: 1) одні стеблові кущі; 2) загущений посів 15х70 см, 1 кг з куща = 800 ц/га; 3) ефективне насінництво картоплі.

У Польщі середній урожай картоплі склав 180 ц/га. У Швейцарії 1948

р. - 172 ц/га на 52 тис. га, а у 1974 р. - 435 ц/га з 27 тис. га. У дослідях Альсміка нові сорти мають: 28 – 30 % крохмалю, замість 19 % у Європі, а збирання крохмалю - 90 ц/га навіть за врожаю 320 ц/га і за 28 % вмісту вуглеводів.

Вчені досі шукають у дикій природі нові рослини, з яких можна створити їх культурні сорти, а відомі культурні рослини селекціонують і районують. На Колімі знайдено перспективну високорослу заплавну злакову траву врожайністю до 600 ц/га.

3.3.6. Генна інженерія

Можна зазначити наступні успіхи генної інженерії.

У Московському інституті тваринництва отримано патент на вівцю, у якої в молоці є хімозин - сичужний фермент. Він необхідний для виробництва сиру і видобувається зі стовченого телячого шлунку. Для цього забивається багато телят. Тепер 200 овець забезпечать ферментом усю Росію.

На фермах Уралу та Поволжя випасаються генетично змінені кози, молоко яких нагадує вітамінізований напій.

Генетично були змінені банани, що стали містити вакциною проти поліомієліту; картопля з людським інтерфероном, що підвищує імунітет; американці перенесли до картоплі ген, який захищає від гепатиту; в США і Росії сконструйовано картопля, яка не сприймається колорадським жуком.

Продаються «штучні» генетично змінені продукти: в Англії - томатна паста, у Німеччині - хліб, у Канаді - ріпакова олія, у Франції - тютюн, у Росії - готується до впровадження суперкартопля «Зеленоград». У США до 2000 року продаж «генетичного насіння» складе 2 млрд, доларів, а до 2010 року - 20 млрд. У Росії до 2000 року з'явилися такі «генні» культури: картопля, цукрові буряки, кукурудза, а з 2007 року у Росії планували перевести

половину всієї їжі, що має проводитись за допомогою біотехнологій.

З 1998 року Московський інститут харчування випробує овочі-мутанти на тваринах, а потім на добровольцях-людях. Негативних наслідків харчування не виявлено. У Росії продукти генної інженерії мають продаватися зі спеціальним маркуванням для інформації споживачеві.

3.3.7. Первинні консументи

Не тільки м'ясоїдні, але й тварини, які вживають рослинну їжу, прямо чи опосередковано конкурують із людиною через їжу. Стародавні люди жили лише там, де водилися травоядні тварини. Для полювання за ними людина приручила першу тварину - собаку. 7 тис. років тому приручили велику і дрібну рогату худобу. Чим більша тварина, тим багатший видобуток. Можливо, саме людиною через крупність було знищено 10 тис. років тому мамонти. 2 тис. років до нашої ери приручили коней: на них легше було наздоганяти видобуток. Трохи раніше в Індії приручили слонів та курей. Африканський слон не піддається прирученню досі. За тисячу років до нашої ери на півночі Європи приручили оленів, які досі легко переходять у дику природу та назад. Останньою була приручена кішка. Вона знадобилася при переході людини до осідлості для полювання на мишей та у Європу була завезена з Азії 500 років тому. С.М. Боголюбський виділяє такі осередки одомашнення:

-  передньоазіатський (вівці, кози, собаки);
-  північноафриканський (вівці, корови, осли та верблюди);
-  південноазіатський (буйволи, яки, корови, кури, шовковичні черв'яки);
-  центрально американський (лами, альпаки, індички, качки).

Гусак був одомашнений у Китаї, Сибіру та Європі.

В.М. Жданов та Д.К. Львів вважають, що багато інфекційних хвороб

з'явилися у людей тільки після одомашнення тварин: 90% паразитів є спільними для людини, домашніх та диких тварин.

Одомашнені тварини селекціонувалися за корисними ознаками, у результаті чого з'явилися нові породи свійських тварин: понад 5 тисяч порід. Сьогодні на Землі існує 20 типів тварин, що розрізняються за 1,5 мільйонами видів. З них найбільш прості організми мають 70 тисяч видів, плоскі черв'яки – 15,3 тисячі, членистоногі – 1 мільйон та хордові – 40 тисяч видів.

Для промислового використання увагу вчених привертають найпростіші організми через колосальну швидкість їхнього розмноження. До таких належать деякі види бактерій, грибів і мікроводоростей, що дають велику біомасу, придатну для корму, їжі, органіки та ліків.

Проте господарське значення мають не лише свійські тварини. Якщо вдасться виділити незамінні амінокислоти продуктів тваринництва з біомаси найбільш простих організмів, то відпаде необхідність у тваринництві. Ланцюг «рослини - свійські тварини – людина» буде замінено на ланцюги: «рослини – людина», «рослини - промислові продукти – людина» і «найпростіші організми - промислові продукти – людина». Однак на шляху створення таких ланцюгів лежать поки що невирішені проблеми: наукові, технологічні, конструкторські, екологічні, енергетичні та економічні.

Деякі тварини не піддаються одомашненню. Тому всюди заборонено утримання диких звірів у людських оселях та селах. Навіть приручена дика тварина небезпечна. Прислів'я говорить: «Скільки вовка не годуй, він все одно у ліс дивиться». Виведені з яєць диких гусей курчата, через певний час будуть відлітати на південь, приєднуючись до зграї диких гусей. Виховані у міській квартирі, левенята у дорослому віці занапастили циркову родину Берберових у Баку. Люди гинули неодноразово від вовків, ведмедів, змій, тигрів та інших тварин, навіть собак. З давня диких собак, корів, кішок, коней, слонів людина знищувала, перериваючи ознаки агресивності у

потомстві цих тварин.

Однак деякі дикі тварини здатні розмножуватися у неволі. До таких відносяться деякі хутрові звірі: лисиця, норка, песець та інші. Вирвавшись на волю, такі тварини уникають людини. У неволі вдається розводити перепілку, дрохву, деяких співчих птахів. Вдається впливати на чисельність промислових тварин: оленів, лося, ведмедя; птахів: глухаря, куріпку, деяких риб та м'ясоїдних звірів.

3.3.8. Епідемії, пандемії, епізоотії, епіфітотії

Масова загибель людей і тварин від епідемічних хвороб відома з давніх часів і описана в багатьох цивілізаціях. Декілька епідемії описані в Біблії.

Мікроорганізми як рослинного, так і тваринного походження, діляться на 2 специфічні надгрупи: *прокаріоти* (доядерні організми) та *еукаріоти* (ядерні організми). Прокаріоти харчуються двома способами: автотрофним, тобто синтезують речовини з неорганічних сполук; гетеротрофним, що передбачає живлення органічними сполуками. Речовини за обох способів адсорбуються через стінку клітини мікроба. До прокаріотів належать і *віруси*, які загрожують усім 4 групам живого світу: *дробянкам, грибам, рослинам, тваринам*. Немає у природі організмів, які б не уражалися вірусами, виключення не складають навіть бактерії: відомі бактофаги як пожирачі бактерій. Усі віруси – паразити, що діють не на клітинному, а на генетичному рівні. Віруси мають найбільшу швидкість розмноження. За годину їх потомство збільшується у сотні і тисячі разів, а бактерія - тільки до 8 поколінь, оскільки ділиться кожні 20 хвилин.

Віруси у певному наближенні можна ототожнити зі специфічним різновидом кристалів. Вважається, що еволюція вірусів йшла 2 шляхами, оскільки вони містять 2 різні нуклеїнові кислоти: ДНК і РНК.

Бактерії можна поділити на 2 групи: археобактерії та еубактерії.

Археобактерії походять із древніх прокаріотів, що жили у безкисневому середовищі: це метанові анаеробні бактерії. Еволюція еубактерій проходить через 2 гілки: розвиток ціанобактерій та власне еубактерій. Серед останніх найбільш поширені паразитичні форми.

Особливе місце у колообігу речовин у живій природі відіграють наступні групи бактерій:

- *сапрофаги* (від *гр. sapos - гнилий і phagos - пожирач*) – бактерії, що розмножуються та розвиваються у істотах, які харчуються трупами - тварин, зокрема, гієни, грифи, ворони, комахи;
- *сапрофіти* – бактерії, бактерії, що розмножуються та розвиваються у рослинних організмах, які харчуються речовинами відмерлих організмів або виділеннями живих.

До сапрофагів можна віднести жуки мертвоїди та шкіроїди, личинки падальних та м'ясних мух, ракоподібні; серед часткові сапрофаг спостерігаються багато хижаків і всеїдних організмах, які відіграють роль своєрідних природних «санітарів». До сапрофітів відносяться бактерії актиноміцетів, грибів та водоростей, політома сімейства хламідонадових тощо; які реалізують процеси розкладання трупів на прості сполуки, наприклад, воду, двоокис вугілля, аміак. Деякі переходять до паразитичного харчування у живих організмах.

Можна відзначити наступні глобальні процеси розповсюдження інфекційних мікроорганізмів.

Епідемія (*грец. зрі - на, серед і demos - народ*) - поширення інфекційної хвороби людини, що перевищує рівень спародичної захворюваності.

Пандемія - це епідемія, що захопила території багатьох країн і навіть континентів.

Епізоотія (*грец. ep і zoon - тварина*) - широке поширення заразної інфекційної або інвазійної (*грец. invasio - напад*) хвороби. У результаті виникають інвазійні хвороби: протоози (збудники - найпростіші);

гельмінтози (порушення дитини - черв'яки); акарози (збудники – кліщі); ентомози (збудники - комахи).

Еніфітомія (грец. *epi ta phyton* - рослини) - поширення інфекційної хвороби рослин на великі території. Найбільш поширені серед таких інвазійних хвороб: малярія, токсоплазмоз, трипаносомоз, амебіаз, лямбліоз, кокцідіоз, трихомоноз, лейшманіоз, дифілоботріоз, опісторхоз, цистосоматоз, ехі нококоз (більше 200 видів), з *акарозів* та *ентомозів*: корости, міази, педику ліз та інші.

Відомі катастрофічні наслідки через масове нашествя сарани на окремі території. Людина навчилася боротися з деякими з цих катастроф. Проте досі залишаються невиліковними сотні хвороб людини, тварин та рослин. Відкриваються нові хвороби.

Несприйнятливість до деяких хвороб мають низка тварин. Наприклад, дикі та домашній буйволи стійкі проти гемоспоридіозів, сибірки, легко переносять ящур, при бруцельозі самки не абортують. Є 3 роди буйволів (4 види), із яких одомашнено лише 1 вид: індійський. Для даної вже домашньої тварини є характерним: надої 1400 - 3500 кг/рік, жирність молока 8...8,8%, шкіра "підшовна" 0,4...0,9 см; розводиться в Індії, Африці, на Кавказі; жива маса самців - до 700 кг, самок - 450...600 кг, кастратів - до 500 кг; отельність - 12 міс., замість 9 міс. у корів, пізньостигл тварини приплід мають з 4...7 до 16 років; у господарствах тримають до 20...30 років у якості молочних та робочих тварин. Всі дикі види буйволів знаходяться на межі повного знищення: азійський (індійський водяний арки, що вцілів у болотистих лісах); філіппінський з цього ж роду вцілів тільки на острові Міндоро; з роду Апоа вцілів карликовий вид на острові Сулавесі; африканський рід, що має кілька рас за забарвленням тіла, вцілів у степах, але нечисленний.

Коров'ячий сказ, що вибухнув у Англії, вражає через м'ясо тварин і людей. Вірус такого виду сказу є стійким до високих та низьких температур, до традиційних дезінфекуючих заходів. Хвороба практично не має

ефективного лікування, а вже проникла вже до Іспанії, Франції та Польщі.

3.3.9. Саморегуляція організмів

Р. Декарт вказав на очевидний автоматизм роботи живих організмів та машин. Наприкінці XVIII століття чеський анатом і фізіолог Й. Прахаска зробив першу спробу моделювання рефлексу. Так як Декарт припускав, що мозок вловлює зовнішні "потoki частинок", то резонно було відрізати жабі голову, щоб переконатися у правоті Декарта. Однак жаби без голів реагували на зовнішні подразнення, а безголові таргани жили більше року і навіть не втрачали інстинкту до розмноження. І.М. Сеченов пояснив це явище існуванням центральної та периферійної нервової системи. Існування нервової системи потребує витрати енергії. У Європі 500 років тому існував лише чорний щур. Прихід з Азії сірого щура призвів до витіснення чорного з підвалів на горища. Чорний і сірий щури, посаджені у загальну кімнату, розходяться по кутах і «атакують» один одного поглядом. За кілька годин чорний щур гине від інфаркту. Баран поруч із кліткою вовка відмовляється від корму. Багато людей і собак помирають «від туги», від переляку; переживання можуть стати нестерпними і ведуть до суїциду. Але всі види емоцій регулюються залозами внутрішньої секреції. Розлад у регулюванні веде до катастрофи організму. Однак усі залози контролюються нервовою системою, тому катастрофи можна уникнути шляхом зміни набутих умовних рефлексів.

Висока пристосовуваність тварин до виживання у дикій природі стала непотрібною у тваринництві оскільки веде до перевитрати енергії. Деякі тварини втрачають «зайві» рефлекси, наприклад, пекінська порода качок втратила навіть рефлекс висиджування яєць. Окрім того, людина нерідко відбраковує тварин за їх агресивність.

Чітка злагодженість роботи всіх органів тварин у оптимальних режимах залежно від зовнішніх та внутрішніх факторів визначається

саморегуляцією всіх життєвих процесів, що здійснюється за допомогою нервової системи та гормонів залоз.

3.3.10. Депонування біоенергії

Тварини, які впадають у зимову сплячку, влітку запасуються жиром, тобто достатньо ефективним джерелом енергії.

У 1748 року Ломоносов М.В. у листі до А.Л. Ейлера сформулював закон збереження енергії. Ю. Майєр трансформував цей закон на перший початок термодинаміки. А. Лавуазьє та П. Лаплас провели дослід для придатності цього початку до живих організмів. Виявилось, що всі види енергії зрештою перетворюються на тепло. У організмі кількість виділеного тепла можна підрахувати як різницю енергії продуктів окислення під час їжі та виділених речовин, зокрема, вуглекислоти. Зібрати розсіяне тепло неможливо. За другим законом термодинаміки еволюція неорганічної матерії прагне до абсолютного спокою без процесів перетворення енергії. Звідси виникла поки що не підтверджена теорія «теплової смерті» Всесвіту. Однак живі організми - це острівці природи, в яких йде зворотний процес акумуляції енергії. Це депонована енергія, тобто запасена енергія у разі дефіциту корма.

Новіков Ю.Ф. так пояснює депонування енергії [25]. Доза корму дає енергію E_A аналогічно до однієї підзарядки акумулятора, яка характеризується циклічністю. Витрата енергії організмом E_C є неповною, частина якої акумулюється організмом у м'язах, жирових відкладеннях тощо. За час T відбувається інтенсивне зростання тварини. Потім інтенсивність падає. Повна зрілість настає (точка H) і тварина знижує споживання корму. Маса тварини на той час досягає приблизно 1/4 маси повністю дорослої тварини. Відношення

$$K_6 = \frac{E_C}{E_A} \quad (3.8)$$

де K_6 - коефіцієнт біоконверсії

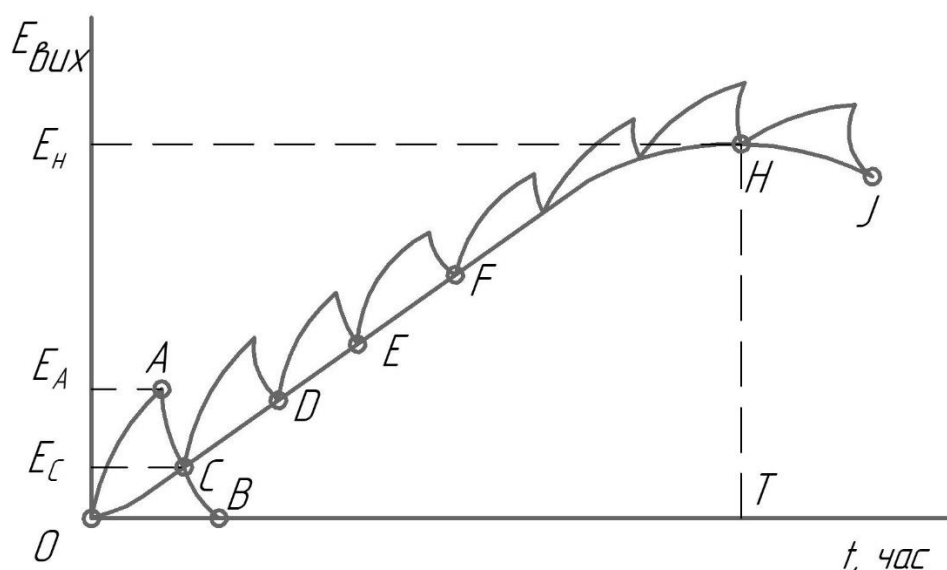


Рис. 3.1. Депонування енергії: E – енергія; t – час; E_A – енергія, витрачена організмом; E_C – депонована (запасена) енергія; T – час максимального приросту маси тварини

В. Бауер вважає, що «енергоприйнятність» та «енерговіддача» організму закладені у його генетичній програмі. Але реалізація програми може бути різною. Різним буде й ефект тваринництва та переробка його продуктів. При вирощуванні бройлерів-кур на м'ясо термін відгодівлі обмежують віком бройлерів 60-65 діб з трьох причин: 1) знижується інтенсивність приросту маси; 2) на тушці курчати віком понад 65 діб виникають остюки, які знижують товарний вигляд тушки; 3) цикл відгодівлі на фабриці точно сплановано. Затримка поголів'я від забою призведе до збою потокового виробництва: нову партію курчат не буде куди розмістити.

Якщо тварина призначена для відтворення батьківського стада або для промислового стада (несучки, дійні корови), то доцільно використовувати його за кілька циклів виробництва, коли всі запаси «структурної енергії» будуть віддані потомству. Те саме робиться при вирощуванні овець для отримання вовни. Тварини цінних порід розмножуються шляхом максимального використання їх до природної смерті.

З рисунка 3.1 видно, що вищі види теплокровних тварин енергетично програють рептиліям, риbam, молюскам. Тому фахівці вважають, що настав час звернути увагу на розвиток рибництва, особливо рослиноїдних риб. У риб вищий коефіцієнт біоконверсії, а м'ясо містить менше жирів та холестерину. Інтерес становлять і найпростіші організми. Час подвоєння маси одноклітинної мікроводорості хлорели у мільйони разів менше часу подвоєння маси бика. Однак на шляху культурного вирощування найпростіших та риб багато труднощів. Наприклад, трав'яїдних риб у культурі вдається розмножувати лише за рахунок штучної стимуляції та запліднення. Не вирішено проблему захисту риб від паразитів. Існують ще багато інших проблем, вирішення яких поставить питання про степінь відповідності існування тваринництва на основі культури теплокровних тварин.

Новіков Ю.Ф. виділяє дві спрямованості еволюції істот:

- 1) *Біоенергетична спрямованість*, яка полягає у зростанні інтенсивності дихання та відповідно споживання енергії. Прогресивні організми набувають відчутних переваг у боротьбі за життя, за освоєння нових територій у процесі пристосування до мінливих умов довкілля.
- 2) *Термодинамічний зміст еволюції*, згідно із яким прогресивні організми є більш складні, впорядковані, організовані та енергонасичені. Чим далі вони стоять від первинної неупорядкованості зародження життя, чим далі від сталої рівноваги, тим більше власна незрівноваженість організму, зростає динаміка його існування Т.

Такі шляхи еволюції життя асоціюються через витрати енергії у залежності від складності організму (рис.3.2).

Новіков Ю.Ф. відзначає етичні проблеми технологій тваринництва та переробки його продуктів. Суспільство захисту тварин вважають аморальним вбивати та використовувати в якості їжі тварин. Вони

посилаються навіть на Ф. Енгельса та І.М. Сеченова, які вважали, що різниця у спорідненості людини і тварини, з позицій природи, не така вже й велика. Сеченов вважав психічну різницю науково недоведеною.

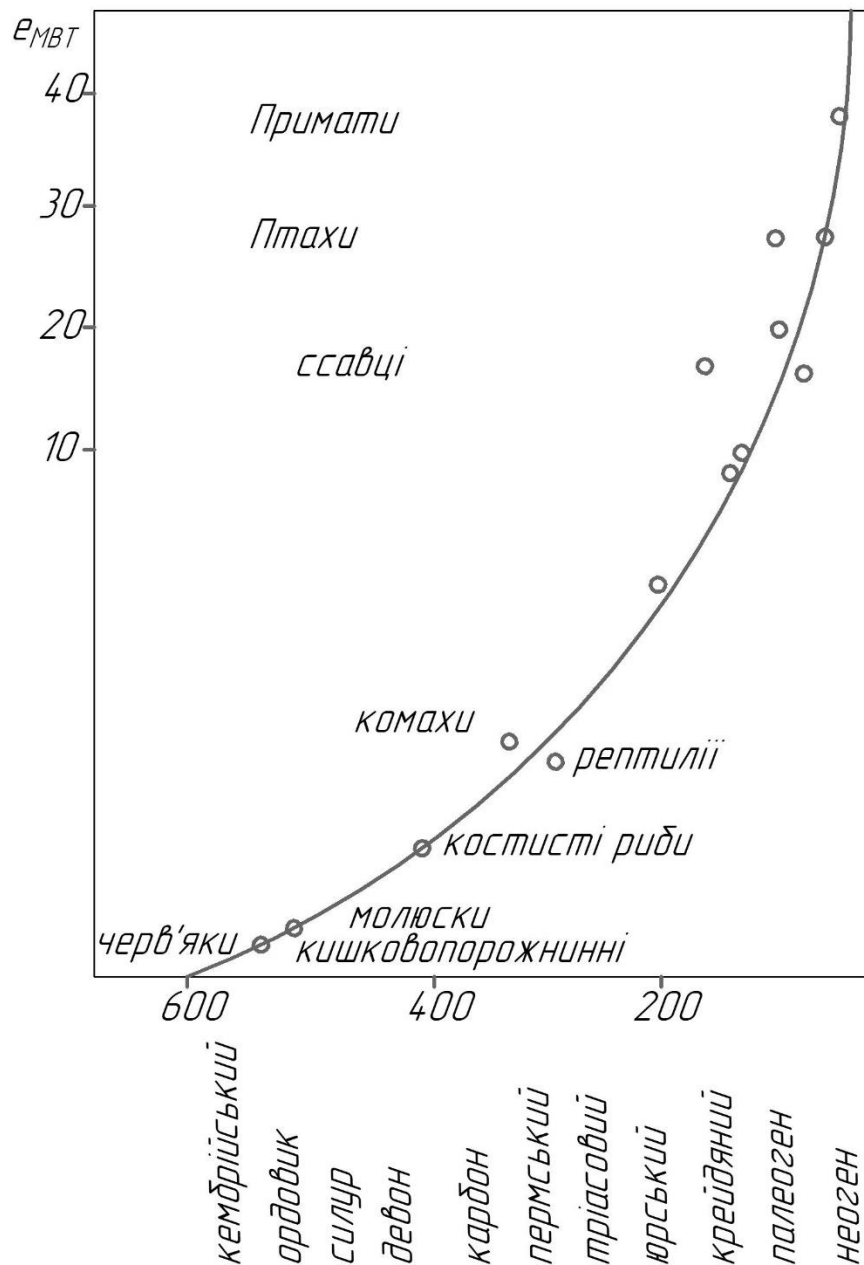


Рис.3.2. *Ріст затрат енергії на забезпечення життя тваринами при еволюції життя*

Однак вегетаріанство ускладнює і навіть приводить до здорожчання

життя людини. Проте В.І. Вернадський вважав, що людство рухається шляхом «автотрофного буття». Автотрофи – організми, здатні харчуватися неорганічними речовинами та акумуляцією сонячної енергії, як рослини. Людина безперервно створює нові умови існування в ізоляції від небезпечних істот та у застосуванні штучних умов дихання, обігріву, охолодження, освітлення, пересування, харчування, комунікації, інформації, задоволень. Найдовше відбувався процеси створення штучного одягу, житла, ліків, лазень, лікарень, комп'ютерів, транспорту, радіо, телебачення, телефону, музики, косметики. Що стосується штучної їжі, то це – неосяжне поле діяльності генної інженерії, метою якої є створення найбільш простих високопродуктивних організмів з великим ККД. Поки що проблеми не вирішені, розглянемо традиційні види продуктів тваринного світу за географічними зонами.

В Індії бояться їсти пташині яйця, бо вони викликають отруєння; навіть існує етнічна чутливість до цього виду продуктів.

У Середній Азії та на Північному Кавказі не їдять рибу з тих самих причин; а також, як і у Монголії, вважають рибу родичкою отруйної змії.

Деякі слов'яни не їдять конину, вважаючи коня головною працівницею у господарстві. Мусульмани не їдять свинину через її прихильність купатися у бруді та всеїдності.

Пастухи середньоазіатських степів у паніці виганяють овець у пустелю під час дощів: виявляється, що молоді трави є багатими на мідь, а вівці від неї гинуть.

Також вживання нетрадиційної їжі достатньо широко розповсюджено у світі. Деякі африканці та аборигени Австралії їдять із задоволенням мурах, жуків, гусениць, цвіркунів, мух, коників, сарану, жаб, змій, термітів. У Кантоні (Китай) та Кореї їдять собак. У Тибеті розводять мух «на м'ясо», у Мексиці індіанці сушать личинки мух для харчування. У Франції та Китаї їдять жаб та равликів. Відому китайську страву «тигр-фенікс-дракон»

можна замовити у китайських ресторанах по всьому світі: готується вона з м'яса кішки, курки та змії. Аборигени Австралії їдять сирими земляних черв'яків пустелі, одночасно вгамовуючи потребу у воді. Аборигени з берегів озера Чад в Африці готують із синьо-зелених мікроводорослей "зелений сир".

Традиції зберігаються століттями, тому існує географічна спеціалізація тваринництва, мисливства та рибальства; яка з великою імовірністю зберігатиметься ще дуже довго. Тому розвиток традиційного тваринництва триватиме ще довго.

3.3.11. Симбіоз

Симбіоз – це взаємокорисне та узгоджене співіснування організмів різних видів.

У традиційному тваринництві, як виявилось, прихований симбіоз є поширеним достатньо широко. Вперше його виявили у жуйних тварин: корів, овець, кіз, верблюдів та інших тварин. Здатність жуйних перетравлювати клітковину рослин пояснюється тим, що в їхньому шлунку функціонують багато популяцій найбільш простих організмів. Жуйні при допомозі мікроорганізмів здатні засвоювати навіть добавки азотистих речовин, зокрема, карбамід. У 1950-х роках вчені ефективно вивчали живих організмів у шлунках жуйних. За структурою багатокамерний шлунок жуйних складається з 3 камер: рубець, сітка, книжка; також містить звичайний шлунок (сичуг), який має об'єм до 80 л у корів і 11 л у овець. Рубець складає найбільша містка камера: у корів від 100 до 300 літрів, у овець і кіз від 12 до 20. Сітка у корів вміщує 5 - 100 л, у овець і кіз 1,5...2 л. З рубця та сітки їжа багаторазово повертається та знову перетравлюється. Температура підтримується лише на рівні 38 - 41⁰С. Книжка відіграє роль насоса та фільтра, а рубець і сітка виконують функції бродильного чану.

У шлунку корови містяться мікроби, що перетравлюють клітковину рослин та азотисті сполуки; інфузорії харчуються бактеріями та при переміщенні з рубця далі перетираються у кашку, яка легко засвоюється шлунком корови. Таким чином, корову можна вважати не тільки рослинноїдною, але й плотядною, хоча до циклу перетравлення надходить тільки трава.

Багатокамерний шлунок мають лівинці, мавпа лангур, кенгуру куокка і навіть птахи, наприклад, біла куріпка. «Бродильний чан» у неї, як і у багатьох кур'ячих, розташований у сліпій кишці, що дає птиці до 30% енергії основного обміну. Тварини з багатокамерними шлунками можуть не конкурувати з людиною через їжу, поїдаючи трави, що є неїстівними для людини.

3.3.12. Культурні пасовища

У 1800 році надій молока 1000 л на рік на корову вважався достатньо високим, на теперешній час такий рівень зберігся лише у деяких країнах Азії та Африки: у Європі середні надої складають 5 - 6 тис. л. при рекорді - до 24 тисяч. Таких змін досягнуто за рахунок виведення нових порід та підвищення енергонасичення кормових раціонів. Останній шлях було реалізовано внаслідок згодовування зерна, що робить корову прямим харчовим конкурентом людини і довго таке становище не може зберігатися навіть у багатих країнах Європи та Північної Америки. Раціон корів містить від 20 до 70% зернофуражу, а раціон свиней – до 90%. Резонно припустити, що рано чи пізно доведеться повернутись до природного початкового способу годування тварин травами. Проте степи, які служили пасовищами, вже або розорані, або витоптані худобою. Найбільш уразливою є тундра: мох і лишайник тундри та високогір'я після проходу стада оленів відновлюється 20-25 років. Африканські савани здатні давати приріст м'яса свійських тварин 20...28 кг/га на рік, а диких - 157 кг/га. Луговоди давно

розробили наступні правила раціонального розміщення трав та випасу худоби.

Скошувати трави на сіно потрібно лише після закінчення росту трав під час їх цвітіння. Однак трави цвітуть послідовно за їхніми видами з ранньої весни до пізньої осені. Степ завжди вкритий квітами. У середньому степу дають 773 г сухої речовини трав із квадратного метра на рік, північна тайга - 800 г, ліси помірної зони - 1300 г, тропічні ліси - 1600...2200 грамів, тундри та напівпустелі - 90...140 грамів/м². Навіть маленьку пустелю зі справжніми дюнами від Каховки до Чорного моря по лівому березі Дніпра довжиною 150 км і шириною 50 км не вдалося освоїти за 50 років повністю за всієї економічної могутності СРСР. Насадження лісів прижилися лише маленькими колами діаметром 20...50 м при дистанціонуванні у 100...800 м один від одного. Краї пустелі лише частково вдалося освоїти посівами кавунів і динь при рясному їх штучному поливі.

Вітчизняні вчені В.Р. Вільямс, А.М. Дмитрієв, І.В. Ларін, Н.Г. Андрєєв та інші розробили прийоми покращення пасовищ. Наприклад, Н.Г. Андрєєв вважав, якщо пасовище дає 40...70 центнерів кормових одиниць з гектара, є більш цінним, ніж оранка, що дає 20...40 ц/га зернових. Розроблені агротехнологічні умови дозволяють отримувати на рік по 50...80 ц/га кормових одиниць у лісовій зоні, до 120 - у степовій і до 200 у південній зрошуваній.

Протруєння трав пасовищ худоби потрібно робити по 8 - 10 разів за літній сезон, але після повного циклу такої обробки потрібно скосити і спалити отруйні трави, що залишилися. Небажано скошувати і стравлювати ранні весняні сходи трав, оскільки вони містять багато води та мало речовин, що призведе до зменшення річної врожайності пасовища. При організації ділянок доцільно використовувати загінний спосіб: пасовище ділиться на загони, загони огорожуються переносною огорожею і стравлюються по черзі.

Слід підсівати найбільш цінні трави та підгодовувати їх добривами, особливо азотними. Періодично необхідно здійснювати обробіток землі, тобто «омолодження» пасовища за допомогою дискових борін, фрезерних культиваторів та інших машин.

Проте досі не освоєні пасовища гігантських заплав великих сибірських річок та гірські пасовища. Травлення трав збільшує продуктивність рослин: оброблені пагони краще кущаться, збільшується тривалість життя трав.

Вигода культурних пасовищ полягає у таких факторах: 1) збільшення виходу кормових одиниць з гектара; 2) економія праці та палива через відсутність перевезень кормів та обробітку землі; 3) удосконалення раціону кормів; 4) підвищення якості молока; 5) зміцнення здоров'я корів.

Серед основних недоліків пасовищного скотарства можна відзначити:

- напад на худобу гнусу, а саме, комарів, сліпків (оводів), кліщів, кровососних мошок; що приводить до масового та важкого захворювання корів, зниження продуктивності;
- несприятливість погодних умов за постійної зміни спеки та холоду, дощ та вітру;
- сезонний характер випасів.

Представлені чинники призвели до ліквідації пасовищ у XX сторіччі.

3.3.13. Консервування кормів

Аналіз існуючих способів консервування кормів дозволило відзначити наступні висновки.

Сушіння трав є найдавнішим способом консервування рослинної продукції при допомозі сонячної енергії, результатом якої виявилась кормова продукція, що володіє енергетичними та лікувальними властивостями, які можна реалізувати узимку. Проте у якості недоліків можна зважати, що при пересушуванні сонце руйнує поживні речовини;

скошене сіно починає споживати кисень замість вуглекислого газу, відбувається гідроліз вуглеводів, розпад білків до амінокислот, а останніх - до альдегідів і вуглекислого газу. Для зменшення втрат речовин застосовують досушування вентиляторами у стогах. Окрім того, у полі при ворошінні, згрібанні, вантажних роботах обсипаються листя і квітки, що володіють найбільшою поживністю і вітамінами.

Пресування сіна у полі скорочує втрати листя. Але при цьому збільшуються витрати енергії на пресування сіна в пакунки; тюк неможливо продувати для досушування.

Скручування валків сіна у рулони дозволяє зменшувати витрати енергії на ущільнення сіна. Проте рулон все-рівно важко продувати, як і тюк.

Технологію силосування трав використовували ще за 1500 років до н.е. у Єгипті та Карфагені; з 1883 прослідковувалася спочатку в Англії, Європі та далі в Америці. Згідно із даної технології трави скошували, подрібнювали, закладали у траншеї чи башти, ущільнювали та герметизували. Без доступу повітря рослини протягом 4 - 5 годин припиняли цикли життєдіяльності, але продовжували споживати кисень і виділяти вуглекислий газ, поки не були використані залишки кисню. Після цього анаеробні бактерії розщеплювали органіку до кислот - молочної, оцтової та інших; відбувалось розкладання білкових сполук, які перетравлювались бактеріями у свій білок, що аналогічно дії бактерії у рубці жуйних тварин. Кислоти гальмували процеси розмножування мікроорганізмів, на чому стадії технології консервування завершувалися. Серед недоліків можна відзначити, що отримуваний корм мав сильну кислотність; в організмі накопичувалися небажані потоки енергії.

Метод сінажування трав почав застосовуватися з 1960-х років. Скошену траву укладали у валки для пров'ялювання до вологості 45...55%. Потім підбирали, подрібнювали і консервували так само, як силос. Через знижену вологість молочнокисле бродіння завершувалось раніше, ніж при

силосуванні, тому сінаж мав меншу кислотність, ніж силос. Як недоліки є те, що для реалізації даного процесу потрібна сонячна погода; кислотність отриманого продукту спостерігалася, хоча і менша, ніж у силосі.

Хімічна консервація трав застосовується як додаток при закладці сіна, силосу та сінажу, застосовуючи харчову або іншу сіль, що дозволяє краще зберігати природні властивості трав. Проте має місце негативний вплив консервантів на організм тварин та продукцію (молоко, м'ясо).

У процесі заготівлі трав'яного борошна свіжа або підв'ялена трава грубо подрібнюється, потім швидко висушується і дрібно подрібнюється на борошно; подальше брикетування та гранулювання борошна зменшує об'єм корму та зменшує поверхню зіткнення з киснем повітря, зменшує пожежонебезпечність продукту. Процес заготівлі кормової суміші можна трактувати як вітамінне підживлення.

3.3.14. Безвідходність ферм

Навколо сучасних населених пунктів створюються багатокілометрові (заввишки до 200 м) гори сміття, що наполовину складаються з органіки. У світі виробляється щорічно 8 мільйонів тон сиру та 72 мільйони сироватки. Половина її замість відправки на ферми та хлібозаводи виливається у каналізацію або у річки, забруднюючи їх. У Росії із сироватки почали робити близько 40 видів напоїв. Новіков Ю.Ф. пише: «Каналізація - один з найбільш древніх і безрозсудних винаходів людини». Головні відходи тваринництва – це гній, вуглекислий газ і навіть тепло. На 1 кг молока виходить 2 кг гною, на 1 кг курчат – 8 кг, на 1 кг яловичини – 25 кг гною.

У принципі ферма має бути безвідходною. З гною можна отримати: добриво, горючий біогаз (метан + вуглекислий газ), пластмасу, вітаміни B₁₂; вирощувати мікро і макроводорості і навіть рибу, а також виробляти кормові добавки у вигляді борошна та силосу.

Черкаєв О.В., Бондаренко В.М. та Колтипін Ю.А. 1976 р. повідомили про досліди вирощування на гною личинок кімнатних мух. З 1 т свинячого гною вологістю до 80% утворюється 500 кг біоперегною, що вбиває 30 днів у ґрунті нематод, і 50 кг борошна з личинок, що містить до 60% протеїну. На 1 кг приросту ваги бройлерів витрачається 1,63 кг борошна з личинок. Свинина, отримана з відгодованих свиней, що їдять таке борошно, відзначається відмінної якістю та смаком.

Одні тварини поїдають екскременти інших, що називається *капрофагією*. Собаки, кури та свині поїдають свіжі фекалії людини. Кінський гній у суміші з кухонними відходами в Китаї згодовують свиням. Так само робили на Русі. Корова п'є свіжу сечу людини для підживлення своїх шлункових бактерій сечовиною та сіллю. Жуйні поїдають свинячий гній. Найчастіше будь-які екскременти використовують для отримання мікробів, які засвоюються у спеціальних водоймах мікроводоростями та інфузоріями, які у свою чергу поїдаються зоопланктоном (рачками). Рачки, у свою чергу, живляться рибою. Такий цикл був випробуваний у Кленово-Чегодаєво Московської області. Для реалізації даної технології потрібно 4 ставки: 1) гноєво-мікробний; 2) мікроводоростейно-інфузорійний; 3) зоопланктонний; 4) рибо-рослинний (корм). Вода у цих ставках циркулює за замкненим циклом. У якості недоліку можна відзначити сезонність даної технології, що ефективна у теплу пору року.

У штаті Огайо (США) всі органічні міські відходи зброджують за допомогою бактерій. Отриману тістоподібну масу сушать, гранулюють і додають корм. Додатки (гранули) містять: 21,3% білка, 5,4% жиру, 51,2% клітковини, 11,1% золи, 11% азоту. У Джорджія (США) з 10 т сміття одержують 3 т «біомаси» із вмістом 20% білка.

Отже, поступово збувається пророцтво Вернадського В.І. про створення людиною «автотрофного буття»: разом із штучним середовищем проживання людини, останній створює середовище та корм для тварин.

У Митрофанівському радгоспі Челябінської області вже понад півстоліття використовують на корм коровам солому та барду спиртового заводу. У Чехії коровам дають дешевий раціон: солома, меляса з цукрозаводу, сечовина, з добавками солі, вітамінів та етилового спирту. В обох випадках корови є високопродуктивними, але митрофанівські раніше страждали на крихкість копит.

Отже, тваринництво та сільське господарство у принципі не повинно мати відходів. За нашим винаходом №897184 (СРСР, 1982 р) на фермі безвідходно використовується не тільки гній, але й вуглекислий газ і навіть тепло.

Розділ 4. Математичне моделювання біотехнічних систем

4.1. Моделювання систем отримання цільномолочної продукції

4.1.1. Основні параметри процесу

Використовуючи приведену вище методику моделювання для систем доїння розраховували наступні критерії оцінки.

Продуктивність праці за клієнтури складає

$$W = \frac{W}{\Pi} \quad \text{корів/люд.год} \quad (4.1)$$

Продуктивність доїльного апарату визначається як

$$W_A = \frac{W}{A} \quad \text{корів/год.апарат} \quad (4.2)$$

Продуктивність системи доїння за продукцією (молоко), кг молока / год визначається із залежності

$$Q = WQ_{CP}, \quad (4.3)$$

де Q_{CP} - середній разовий удій корови, кг молока за одну дійку.

При розведенні розрахунку кількість можливих чинників зведено до мінімуму. Наприклад, для систем доїння корів у процесі наших досліджень встановлено, що ймовірний фактор A_0 має наступний наближений емпіричний вираз оптимуму.

$$A_0 = A_{opt} \approx 0,1A_K = |0,1K| \quad (4.4)$$

Слід вважати, що даний вираз буде справедливим завжди, де (t) час - виробничого циклу виготовлення (обслуговування) виробу (клієнта) розподіляється за нормальним законом випадкових величин. У цьому випадку достатньо встановити час $t \approx 0,9 t_{max}$

Число A_X у системах доїння так само знаходиться за емпіричним виразом

$$A_X \approx 0,385 A_K \frac{C_{\Pi\Gamma}}{C} \quad (4.5)$$

Для безвідмовно функціонуючої системи $A_Y \approx 0$.

Окрім того, більшість типів систем доїння та варіантів технологій їх реалізації припускають наявність явища взаємної диз'юнктивності факторів A_0 і A_x у вигляді $A_0 \equiv A_x$ (або A_0 , або A_x). Тому можна завжди досягти режиму поглинання фактора A_x фактором A_0 при виключенні фактору A_x з технології досліджуваних робіт.

Проектувальникам систем та машин важливіше спочатку знати не тонкощі технологій, а умови забезпечення максимальної пропускної спроможності системи. Виявилося, що для розрахунку достатньо спростити загальну формулу систем.

Наприклад, максимальну пропускну здатність систем будь-якого типу та призначення зручно розраховувати за формулою

$$W = \frac{3600AK}{t_T n_T [A_K + A_0 + (A - 1)]}, \quad (4.6)$$

де A - кількість елементів у ланці "інструмент", наприклад доїльних апаратів; K - число елементів у ланці "клієнт", наприклад, корів у стаді; n_T - число тактів системи за час (і) випуску партії продукції, наприклад, за час обігу конвеєра; t_T - час такту системи, наприклад, такту конвеєра; $A_K = |K|$ - мінімальне вихідне число заявок на елементи ланки "інструмент", наприклад, на доїльні апарати для K корів у стаді; A_0 - додаткове число заявок на "інструмент" для клієнтів, які потребують більшого (додаткового) часу обслуговування.

Для конвеєрних доїльних систем час такту системи становить

$$t_T = \frac{t}{n_T} = \left| \frac{t}{A} \right| = \left| \frac{360}{A} \right| \text{ с} \quad (4.7)$$

При нормальному законі розподілу випадкових величин (часу t) по клієнтурі (K) існує емпіричний зв'язок факторів

$$A_0 \approx 0,1A_K = |0,1 K| \quad (4.8)$$

Пропускна здатність реальних систем зазвичай нижча за рахунок

небажаного впливу ряду факторів, ніж за формулою (4.5). Наприклад, у конвеєрних системах доїння теоретично можливе існування 10 варіантів технологій [2], із яких 4 - використовується, 3 - синтезовані та були випробувані нами. Виявилося, що найстаріша технологія робіт дозволяла досягати лише 55% від теоретичної максимальної пропускної спроможності системи навіть при використанні найбільш прогресивного та продуктивного конвеєрного доїння. Нам вдалося в експерименті досягти навіть максимального теоретичного приватного значення пропускної спроможності, але ручна частина праці при цьому вийшла з категорії середньої важкості у категорію важкої праці через інтенсифікацію ручних масажних робіт. Тому потрібно розробка машин або інших засобів стимуляції бурхливої молоковіддачі. Розробка та впровадження 10 потрібних нових технічних рішень дозволить створити повністю автоматичну систему доїння, в якій тварини обслуговуватимуться [2] за необхідністю у будь-який час доби. Це, у свою чергу, дозволить розвинути максимальну продуктивність тварин, підвищити культуру виробництва, максимально полегшити працю, підвищити продуктивність праці до 60 разів.

За результатами моделювання доїльних систем можна відзначити наступні висновки.

1. Загальна математична модель систем з клієнтури та продукції зводиться до детермінованої її структури завдяки обліку квантовості функціонування систем. Модель є простою; досить точною, зважаючи на помилку у межах 0...3,5%; придатною до застосування для систем різного призначення, типу, розміру та варіантності робочих технологій.

2. Продуктивність систем за обсягом отриманої продукції та непрямі показники доцільно обчислювати побічно за пропускною спроможністю систем та за середньою продуктивністю елементів клієнтури, чисельністю елементів у ланках «верстат» і «клієнт».

4.1.2. Обґрунтування типорозмірного ряду систем доїння

Використали математичну модель систем за критерієм максимальної пропускної здатності, змінюючи кількість апаратів і верстатів у межах $A = |C| = 1, 2, 3, \dots, 56, 60$. Потім зробили припущення, що для кожного з цих варіантів можлива зміна чисельності персоналу не більше $\Pi = 1, 2, 3, \dots, 10$ людина. При цьому вважали, що рівень механізації робочих операцій підвищується із зменшенням потреби у персоналі. Розрахували максимально можливу пропускну здатність систем доїння; далі визначили варіанти продуктивності праці. Результати розрахунку зведемо до таблиці 3.2.

Значення часу такту систем знаходимо при $t = 360 \text{ с} = \text{const}$ для забезпечення однакових умов у режимі підготовки корів до доїння (операції миття, масаж, приєднання виконавчих органів, підключення апарату). Насамперед має бути однаковим час підготовки, який приймаємо за нормою Petersen і Кавешникової: норма складає $t_{\text{III}} = 60 \text{ с}$. За такої умови фізіологічні показники корів у системах вважатимуться однаковими, а результати розрахунку показників систем занесли у таблиці 3.2.

Для здійснення порівняльного аналізу використали у таблиці однакові значення продуктивності праці (W_{Π}) для діапазонів факторів $A = 6, \dots, 60$ і $\Pi = 1, 2, \dots, 10$. Таким значенням буде $W_{\Pi} = 52,6 \text{ корів/}(люд.год)$. Однаковість значень означає, що дані системи належать одному типорозмірному ряду. Звідси випливає, що типорозмірний ряд доїльних конвеєрних систем має наступний вигляд (вибирали значення A при $W_{\Pi} = 52,6$):

$A = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60$ апаратів (і верстатів). Значення типорозмірного ряду підтверджені таблицею 3.2, визначає його обґрунтування. Розмірний крок ряду склав 6 апаратів.

За приведеною методикою знайшли інші типорозмірні ряди.

Відзначили, що всі верхні значення таблиці так само однакові: $W_{\Pi} = 8,7$. Найвище з них відповідає $A = 1$, потім слідує значення $A = 2, 3, \dots, 10$.

Використання одного апарату можливе тільки для стійлової системи доїння з відрами (установки ДАС-2 і АД-100). Однак для таких установок рекомендується інший варіант робіт з «Типових правил машинного доїння». Другий варіант передбачає можливість обслуговування однією дояркою двох апаратів. З таблиці 3.2 випливає, що типорозмірний ряд найпростіших доїльних установок (ДАС-2 та АД-100) має вигляд: $A=2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20$ при $W_{II}=17,5$.

На жаль, промисловість провідних країн з виробництва молока та молокопродуктів випускає лише кілька типорозмірів, а саме: $A=1, 2, 8, 10$ апаратів в одній установці. Для такого розмірного ряду максимальна розрахункова продуктивність праці дорівнює $W_{II}=17,5$ корів / (люд.год).

Аналогічно неважко встановити, що має існувати всього 6 типорозмірних повних рядів доїльних систем, а саме:

$A_1 = \underline{1}, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ апаратів, $A_d = 1$, $W_{II} = 8,7$.

$A_2 = \underline{2}, 4, 6, \underline{8}, \underline{10}, 12, 14, 16, 18, 20$ "молокопровід", $A_d = 2$, $W_{II} = 17,5$.

$A_3 = 3, \underline{6}, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30$ "Тандем", $A_d = 3$, $W_{II} = 26,3$.

$A_4 = 4, \underline{8}, 12, \underline{16}, 20, 24, 28, 32, 36, 40$ "Тандем", "Ялинка", $A_d = 4$, $W_{II} = 35,1$.

$A_5 = 5, \underline{10}, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50$ "Комсомолка", $A_d = 5$, $W_{II} = 43,8$.

$A_6 = \underline{6}, 12, \underline{18}, \underline{24}, 30, \underline{36}, 42, 48, 54, 60$ "Карусель", $A_d = 8$, $W_{II} = 52,6$.

Підкреслені значення A , освоєні промисловістю низки фірм світу та вітчизняною промисловістю. Зазначимо типи систем та марки доїльних установок:

A_1 - Присадибна ферма. Апарат АД-1. Стійлові установки із відрами.

A_2 – особливо дрібні ферми до 100 корів. Установки ДАС-2, АД-100. Те саме з молокопроводом А ДМ-8.

A_3 – дрібні ферми до 150 корів "Тандем" (УДТ-6).

A_4 – середні: 150-400 корів "Ялинка": УДЕ-8, УДА-16, "Тандем": УДТ-8, УДА-8. Потрібні цехи доїння:

A_5 – середні 150-400 корів. "Комсомолка": УДА-10, $A = 10$.

A_6 – великі 400-2000 корів. "Карусель". Освоєно: $A=6$, 16, 20, 24, 28, 32, 40, 50, 60. З освоєних промисловістю лише 2 розміри відповідають теоретичному ряду: $A=6$ - французька "зірочка", та дрібносерійна забракована конструктивно українська КДУ (1968 р.). "Сормовичка" - 50 конструкцій Тесленко І.І., "Омичка" КДУЕ-16 (випущено у 1960-і роки 1750 екземплярів) близькі до теоретичного розмірного ряду. Налагоджено виробництво "Каруселів" (за спеціальними замовленнями) на 16 апаратів: марка УДА-100 Кургансільмаш. У Німеччині було налагоджено виробництво "Каруселів" на 16 та 40 апаратів. Деяке їх число було завезено до нашої країни у 1970 - 90-ті роки.

4.1.3. Обґрунтування числа підсистем

Нехай в обґрунтованому типорозмірному ряді конвеєрних доїльних систем у міру впровадження нових підсистем ланок число доярів скорочується з 10 до 0.

Таблиця 4.1.

Розрахункові варіанти продуктивності праці в доїльних системах різних типів

А	год	W	W _п при П – доярів у доїльній системі								tn люд·хв/ корову
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
1	360	8,7									6,897
2	180	17,5	8,7								3,429
3	120	26,3	13,1	8,7							2,281
4	90	35,1	17,5	11,7	8,7						1,709
5	72	43,8	21,9	14,6	10,9	8,7					1,370
6	60	52,6	26,3	17,5	13,2	10,5	8,7				1,141
7	51,4	61,4	30,7	20,5	15,4	12,3	10,2	8,7			0,977
8	45	70,1	35,1	23,4	17,5	14,0	11,7	10,0	8,7		0,856
9	40	78,9	39,5	26,3	19,7	15,8	13,1	11,3	9,9	8,7	0,760
10	36	87,7	43,2	29,2	21,9	17,5	14,6	12,5	11,0	9,7	0,684
11	32,7	96,4	48,2	32,1	24,1	19,3	16,1	13,8	12,1	10,7	0,622
12	30	105,2	52,6	35,1	26,3	21,0	17,5	15,0	13,1	11,7	0,570

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	27,7	114,0	57,0	38,0	28,5	22,8	19,0	16,3	14,3	12,7	0,526
14	25,7	122,7	61,3	40,9	30,7	24,5	20,5	17,5	15,3	13,6	0,489
15	24	131,5	65,7	43,8	32,9	26,3	21,9	18,8	16,4	14,6	0,456
16	22,5	140,3	70,1	46,8	35,1	28,1	23,4	20,0	17,5	15,6	0,428
17	21,2	149,0	74,5	43,7	37,3	29,8	24,8	21,3	18,6	16,6	0,403
18	20	157,8	78,9	52,6	39,4	31,6	26,3	22,5	19,7	17,5	0,380
19	18,9	165,3	83,3	55,6	41,7	33,3	27,8	23,8	20,8	18,5	0,360
20	18	175,3	87,6	58,4	43,8	35,1	29,2	25,0	21,9	19,5	0,342
21	17,1	184,1	92,1	61,4	46,0	36,8	30,7	26,3	23,0	20,5	0,326
22	16,4	192,9	96,4	64,3	48,2	38,6	32,2	27,6	24,1	21,4	0,311
23	15,7	201,6	100,8	67,2	50,4	40,3	33,6	28,8	25,2	22,4	0,298
24	15	210,4	105,2	70,1	52,6	42,1	35,1	30,1	26,3	23,4	0,285
25	14,4	219,2	109,6	73,1	54,8	43,8	36,5	31,3	27,4	24,4	0,274
26	13,9	227,4	113,9	75,8	56,9	45,5	37,9	32,5	28,4	25,3	0,264
27	13,3	236,7	118,4	78,9	59,2	47,3	39,5	33,8	29,6	26,3	0,253
28	12,9	245,5	122,7	81,8	61,4	49,1	40,9	35,1	30,7	27,3	0,244
29	12,4	254,2	127,1	84,7	63,6	50,8	42,4	36,3	31,8	28,2	0,236
30	12	263,0	131,5	87,7	65,7	52,6	43,8	37,6	32,9	29,2	0,228
31	11,6	271,8	135,9	90,6	68,0	54,4	45,3	38,8	34,0	30,2	0,221
32	11,3	280,5	140,3	93,5	70,1	56,1	46,8	40,1	35,1	31,2	0,214
33	10,9	289,3	144,7	96,4	72,3	57,9	48,2	41,3	36,2	32,1	0,207
34	10,6	298,1	149,1	99,4	74,5	59,6	49,7	42,6	37,3	33,1	0,201
35	10,3	306,8	153,4	102,3	76,7	61,4	51,1	43,8	38,4	34,1	0,196
36	10	315,6	157,8	105,2	78,9	63,1	52,6	45,1	39,5	35,1	0,190
38	9,5	320,6	165,3	110,2	82,7	66,1	55,1	47,2	41,3	36,1	0,181
40	9	250,7	175,4	116,9	87,7	70,1	58,5	50,1	43,8	39,0	0,171
42	8,57	368,2	184,1	122,7	92,1	73,6	61,4	52,6	46,0	40,9	0,163
48	7,50	420,8	210,4	140,3	105,2	84,2	70,1	60,1	52,6	46,8	0,143
54	6,66	473,4	236,7	157,8	118,4	94,7	78,9	67,6	59,2	52,6	0,127
60	6,00	526	263	175,3	131,5	105,2	87,7	75,1	65,8	58,4	0,114

При використанні 10 доярів всі допоміжні функції виконувалися вручну. Кожна ведена ланка має потенційну можливість мати по 6 ступенів вільності, тобто по 6 функцій, отже автоматична система може мати 18 нових підсистем: 3 ведених ланки x 6 функцій/ланка = 18 функцій = 18 підсистем.

Однакова продуктивність праці у розмірному ряду систем (табл. 4.1) означає однаковий їх технічний рівень. Це виразиться однаковим числом

підсистем по діагоналі таблиці 3.3. Наприклад, повністю автоматизовані системи можуть мати мінімально по 18 підсистем. Скорочення 1 людини із системи вимагає впровадження 1 нової підсистеми. Збільшення числа апаратів на кожен 1 розмірний крок (на 6 апаратів) також вимагає впровадження по 1 додаткової підсистемі, щоб виправдати збільшення продуктивності праці.

За рахунок яких підсистем відбувається збільшення їхньої кількості понад 18 одиниць? Очевидно, що це може відбуватися за рахунок тиражування однотипних, тобто вже наявних підсистем. Доведемо дане твердження.

Таблиця 4.2.

Розрахунок кількості підсистем

А	Кількість доярів										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Кількість підсистем										
6	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
12	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
18	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
24	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
30	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
36	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
42	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
48	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
54	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
60	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
66	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18

Вихідними даними можна вважати, що всі розміри конвеєрних установок виконують однакову послідовність операцій за однакового загального часу операцій; загальний час циклу операцій на 1 корову дорівнює часу обороту конвеєра.

Складемо баланс часу на 1 цикл, що містить наступні структурні складові.

1. Підмив
2. Масаж
3. Здоювання
4. Підключення апарату
5. Доїння
6. Додоювання
7. Вихід корови зі доїльної установки
8. Повернення установки до місця входу корів
9. Вхід нової корови

Загальний час обороту конвеєра

$$t = t_{\text{ПГ}} + t_G + t_z = 360 \text{ с} = \text{const}$$

Час такту конвеєра

$$t_T = \frac{t}{n_T} = \left| \frac{t}{A} \right| = \frac{360}{60 \div 60} = 6 \div 60 \text{ с}$$

Для підготовки корів потрібен постійний час $t_{\text{ПГ}} = 60 \text{ с}$.

Найбільший час проходили дві перші операції підготовки. При $A = 6$ апаратів для масажу потрібен час $t_{\text{МС}} = 20 \text{ с}$. Час такту $t_T = 60 \text{ с}$. За такий час такту можна встигнути зробити усі підготовчі операції. Отже підготовку може здійснити робот, що призначений для виконання послідовно всіх перших чотирьох операцій.

Нехай $A = 18$. Час такту $t_T = \left| \frac{t}{A} \right| = \frac{360}{18} = 20 \text{ с}$. Для операції масажу потрібен всього один спеціалізований робот. Нехай $A = 60$. Час такту $t_T = \left| \frac{t}{A} \right| = \frac{360}{60} = 6 \text{ с}$. Для виконання масажу буде потрібно $n_{\text{МС}} = \frac{t_{\text{МС}}}{t_T} = 3 \div 4$ робота.

Вони можуть працювати або послідовно, або паралельно зі зсувом часу, що дорівнює часу такту. У першому випадку роботи можуть працювати як на конвеєрі, так і попереду конвеєрного майданчика, а у другому випадку - тільки на передконвеєрному майданчику. Оскільки зі зростанням числа

апаратів зростає потреба у кількості необхідних роботів-масажистів, то аналогічно буде зростати потреба у роботах-мийниках і роботах, що під'єднують корову до апарату. Оскільки конструкції роботів однакові для однакових операцій, то справедливе наше припущення, що збільшення числа підсистем понад 18 вихідних відбуватиметься за рахунок збільшення числа однотипних спеціалізованих роботів (підсистем), що працюють у загальній технологічній лінії послідовно або паралельно один одному.

Нові підсистеми полегшуватимуть працю робітників. Однак продуктивність праці за рахунок впровадження систем зростатиме не завжди. Наприклад, у стійлових системах доїння у відро майбутній автомат для відключення апаратів ніяк не підвищить продуктивність праці, оскільки єдину доярку вивільнити неможливо через її зайнятість на інших ручних операціях. Але аналогічний автомат у системах типу "Карусель" відразу вивільняє 1-3 доярки, які спеціалізувалися у конвеєрній лінії на виконанні ручного доїння, ручного відключення та відведення корів із виконавчих органів доїльних апаратів. Прослідковується необхідність у автоматах для доїння привела до їхнього винаходу та впровадження не тільки у системах типу "Карусель", але і у системах "Ялинка" та "Тандем". Але до систем нижчого рангу такі автомати не застосовуються через їхню громіздкість і практичну неможливість їх переміщення разом з апаратами (за відсутності повного набору елементів ланки "верстат", до якого входить цей автомат).

4.1.4. Моделювання біотехнічної системи з отримання цільномолочної продукції ручним способом

Таблиця 4.3.

Результати моделювання процесу отримання цільномолочної продукції ручним способом

Крок	1. БТС: Дояр – руки – цебро – корова			
2. Ланки	О	І	З	К
3. Роль	управління	виконання	напрямок	обслуговування
4. Склад	1) дояр	1) руки	1) відро	1) корова
5. Функції	1) підхід 2) перехід 3) присідання 4) нахил 5) поворот 6) віднос молока	1) підмив 2) масаж 3) здавання 4) доїння	1) збирання молока	1) молоковіддача
6. Кількість функцій	$a=6$	$b=4$	$e=1$	$d=1$
7.	Код $K=6411$.			
8.	Валентність $A=0$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 0411$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 204$			

4.1.5. Моделювання біотехнічної системи «Стійлова машинна система доїння ДАС-2»

Таблиця 4.4.

Результати моделювання процесу отримання цільномолочної продукції механізованим способом при допомозі стійлової машинної системи доїння ДАС-2

2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	управління, виконання	виконання	напрямок, посилення	обслуговування
4. Склад	1) дояр	1) апарат 2) руки	1) вакуумнасос 2) демпферно-регульовальне обладнання: - вакуум-балон - вакуум-регулятор - труби - шланги - відро	1) молоковіддача
5. Функції	1) підхід 2) присідання 3) нахил 4) поворот 5) перехід і перенесення відер та апарату 6) віднос молока та його злив (проціджування)	дояр: 1) підмив 2) масаж 3) здавання 4) підключення апарату: 5) пульсація 6) відсмоктування	вакуум-агрегат: 1) вакуумування 2) демфування 3) регулювання 4) збирання молока 5) напрямок повітря 6) глушіння вихлопу	1) молоковіддача
6. Кількість функцій	$a=6$	$b=6$	$e=6$	$d=1$
7.	Код $K=6661$.			
8.	Валентність $A=0$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 661$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 337$			
11.	Різниця технічного рівня, порівняно з ручним доїнням: $AF_{10} = 337-204 = +133$.			

4.1.6. Сімейство конкуруючих доїльних систем

У попередніх розділах ми вказали, що існують приховані внутрішні функції ланок, дія яких обов'язково для функціонування системи. Наприклад, без дії рефлексу молоковіддачі неможливе виведення з гіпофіза мозку гормону окситоцину. Гормон надходить у кров і досягає вимені лактуючої тварини. Під дією даного гормону з альвеол виділяється секрет молочних залоз у вигляді молока. Таким чином, тварина дозволяє системі доїння працювати, тобто виконувати її головну корисну функцію: виводити молоко з вимені.

У всіх дослідженнях автори не враховували дану функцію прямо через відсутність теорії обліку, що призводило до необхідності експериментального отримання низки непрямих фізіологічних показників для порівняння відгуку тварини на роботу ланок систем доїння: облік ряду показників. Серед останніх можна відзначити наступні: величина удою, час доїння, час початкового та кінцевого холостого доїння, швидкість доїння (кг/хв), інтенсивність молоковіддачі через параметри максимальної та поточної швидкості (кг/хв), доза залишкового молока, середня та поточна жирність молока, бактеріальна забрудненість та інші.

З одного боку, набір таких непрямих показників дозволяв визначити ймовірні значення відгуку тварини на роботу доїльного апарату, як інструменту системи. З іншого боку, на ці ж показники істотно впливав режим робочих ручних підготовчих операцій, таких як: час підмиву вимені, температура води для підмивання, інтенсивність ручних масажних маніпуляцій, лагідне поводження з твариною; обстановка у залі доїння, а саме, шум, різкі звуки, раптова поява сторонньої людини, дія гнусу, мікроклімат тощо. Велика кількість факторів призводила до того, що один і той же тип систем доїння давав різні результати не тільки в умовах різних ферм, але навіть в умовах однієї і тієї ж ферми, але в різні дні та сезони року або за різної погоди тощо.

Із досліджуваних трьох способів доїння, а саме, смоктання телям, ручне доїння та машинне доїння, найбільш ефективним з огляду на здоров'я корів є ручне доїння. Саме руки людини зробили головну роботу перетворення за 5 тисяч років домашніх корів із низькопродуктивних (400 - 1000 кг молока на рік від однієї корови) до високопродуктивних (2 - 8 тис. кг молока, а найбільший результат склала продуктивність у 24 тис. кг). Збільшення надоїв з 2 до 10 тисяч та більше досягнуто лише у 20 сторіччі. Корова виявилася нервово високопластичною, що дозволило їй пристосуватися до умов машинних робіт. Однак виникла нова незаразна хвороба - вакуумний мастит, як наслідок дії доїльних вакуумних апаратів. Через це щороку вибраковується 20% корів, а термін їхньої експлуатації скоротився з 12 - 18 до 5 років.

Враховуючи зовнішні функції самообслуговування та внутрішню приховану функцію корів (молоковіддачу), зробимо розрахунок функціональної досконалості деяких вітчизняних систем доїння.

Результати порівняльного розрахунку приведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Результати порівняльної оцінки процесів отримання цільномолочної продукції ручним та механізованими способами

№	Система, марка установки	Ранг		AF ₁₀
		F ₇	F ₁₀	
1	Ручне доїння	0411	204	.
2	Стійлова з відрами, ДАС-2	0661	337	133
3	Те ж із молокопроводом, АДМ-8	1661	680	476
4	Пасовиська УДС-ЗБ	2662	1024	820
5	Цехова, «Ялинка», УДА-16	3133	1102	898
6	Те саме, «Тандем», УДА-8	4133	1445	1241
7	Те саме, «Комсомолка» (експерим.)	5662	2053	1849
8	Конвеєрна «Карусель», УДА-100	5664	2055	1851
9	Те саме, автоматична (прогноз)	6666	2400	2196

4.2. Моделювання біотехнічних систем для подрібнення м'ясопродуктів

4.2.1. Моделювання біотехнічної системи «Двоплечий важіль»

Двоплечий важіль є однією із найбільш поширених ланок, що використовуються при подрібненні харчової сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Модель даної біотехнічної системи навели у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6.

Результати моделювання механізму у вигляді двоплечого важеля

Крок	1. БТС: Людина – важіль – опора – валун			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	командно-виконавча	виконавча	орієнтуюча, посилююча, спрямовуюча	обслуговуюча
4. Склад	людина	важіль	опора	валун
5. Функції	1) перенесення важеля; 2) підкоп; 3) фіксація опори; 4) прив'язь валу; 5) фіксація важеля; 6) додаток сили (маси).	1) поворот щодо опори.	1) збільшення моменту сили (сприйняття повороту важеля).	1) підйом валуна.
6. Кількість функцій	$a=6$	$b=1$	$e=1$	$d=1$
7.	Код $K=abed=6111$.			
8.	Валентність $A=6-a=6-6=0$			
9.	Ранг семичний $F_7 = Abed = 0111$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = A-T+b-T+e-T+d-T = 0 - 7^3 + 1 - 7^2 + 1 - 7^1 + 1 - 7^0 = 49 + 7 + 1 = 57$			
11.	- не порівнюємо (з іншими видами важелів)			
	Ранг F_7 показує, що важіль разом із людиною є мінімально найпростішим біомеханічним механізмом нульового класу та першого розряду. Найпростіше можуть бути тільки кінематичні пари ланок. Вони (пари) відносяться до нульового класу лівого розряду. Число таких пристроїв (пар) теоретично дорівнює $F = S^R = T = 49$, а відомо поки що лише 37. Недостатнє число пар швидше за все буде відкрито в нових парах типу «речовина – поле» (за теорією вирішення винахідницьких завдань).			

4.2.2. Моделювання біотехнічної системи «Ручна м'ясорубка»

Моделювання процесу подрібнення проводили на прикладі дрібного подрібнення м'ясопродуктів, що був реалізований при допомозі ручної (табл.4.7) та електричної вовчків-м'ясорубок (табл.4.8).

Таблиця 4.7.

*Результати моделювання процесу дрібного подрібнення при допомозі
ручної вовчка-м'ясорубки*

Крок	1. БТС: Людина – м'ясорубка – стіл – м'ясо			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	командно-виконавча	виконавча	стабілізуюча, посилююча, спрямовуюча	обслуговувана
4. Склад	1) людина 2) рукоятка	1) ніж+ 2) решітка = (ріжуча пара)	1) стіл 2) корпус 3) шнек	1) м'ясо
5. Функції	1) підкладка м'яса; 2) обертання рукоятки; 3) зміна оборотів; 4) зміна зусилля; 5) обертається;	1) різання	1) стабілізація 2) напрямок 3) пресування 4) викид фаршу	1) захоплюється 2) пресується 3) ріжеться 4) вивантажується
6. Кількість функцій	$a=5$	$b=1$	$e=4$	$d=4$
7.	Код $K=abcd=5144$.			
8.	Валентність $A=6-a=6-5=1$			
9.	Ранг семичний $F_7 = Abcd = 1144$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 3 - 7^3 + 6 - 7^2 + E - 7^1 + БЛ - 7^0 = 343 + 49 + 28 + 4 = 424$			

4.2.1. Моделювання біотехнічної системи «Електрична м'ясорубка»

Таблиця 4.8.

Результати моделювання процесу дрібного подрібнення при допомозі електричної м'ясорубки

Крок	1. БТС: Людина – м'ясорубка – стіл – м'ясо			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	командно-виконавча	виконавча	стабілізуюча, посилююча, спрямовуюча	обслуговувана
4. Склад	1) людина 2) рукоятка	1) ніж+ 2) решітка = (ріжуча пара)	1) стіл 2) корпус 3) шнек	1) м'ясо
5. Функції	1) підкладка м'яса; 2) обертання рукоятки; 3) зміна оборотів; 4) зміна зусилля; 5) обертається;	1) різання	1) стабілізація 2) напрямок 3) пресування 4) викид фаршу	1) захоплюється 2) пресується 3) ріжеться 4) вивантажується
6. Кількість функцій	$a=5$	$b=1$	$e=4$	$d=4$
7.	Код $K=abed=5144$.			
8.	Валентність $A=6-a=6-5=1$			
9.	Ранг семичний $F_7 = Abed = 1144$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 3 - 7^3 + 6 - 7^2 + E - 7^1 + БЛ - 7^0 = 343 + 49 + 28 + 4 = 424$			

Примітка: різниця ТУ електричних. та ручний м'ясорубок $\Delta F_{10} = 781 - 424 = 357$ е.р.

4.3. Розвиток транспортно-технологічних біотехнічних систем

При моделюванні біотехнічних систем, які реалізують транспортні та транспортно-технологічні операції, достатньо важливим є дослідження степені досконалості даних систем та обґрунтування напрямів його

підвищення.

4.3.1. Протиріччя між транспортним та технологічним рухом при реалізації поточного процесу обробки

Створення сприятливих умов для інтенсифікації процесу виробництва та застосування ефективних методів дії на його об'єкт; безперервна реалізація технологічного руху; зменшення та усунення взагалі використання непродуктивної праці; зокрема при здійсненні допоміжних операцій; керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; багатофункціональність технологічного процесу та гармонійне поєднання його основних структурних складових становлять, здебільшого, тенденції розвитку технічного процесу у галузях харчових і переробних виробництв [27]. Реалізація поточного або конвеєрного способу виробництва дозволяє досить ефективно реалізувати пропорційність, динамічність та спрямованість технологічного процесу. Це сприяє підвищенню продуктивності, зниженню трудомісткості процесу та створенню на його основі автоматизованих виробничих ліній. Конвеєрні технологічні лінії сприяють усуненню суперечності між транспортною та технологічною діями, реалізації гармонійного виробничого процесу з раціональним використанням технологічного обладнання.

Використання вібротехнології обумовлюється потребами підвищення інтенсивності, поліпшення якісних показників, а в деяких випадках і можливістю реалізації технологічних процесів. Унікальні можливості вібраційної дії дозволяють успішно здійснювати такі операції як сепарацію, перемішування, вібротранспортування за важких експлуатаційних умов, гомогенізацію, фільтрування, сушіння, насичення середовища певними речовинами, руйнування поверхонь та ряд інших процесів. Поєднання вібраційної та поточної технологій в конвеєрних вібромашинах обумовлює реалізацію вищої форми безперервності – автоматизації виробничого процесу, гармонійне співвідношення його основних структурних

складових, здійснення ефективної об'ємної дії на продукцію, що відповідає вищим формам досконалості технологічного обладнання.

З підвищенням механізації виробничих процесів, впровадженням у виробництво більш ефективного технологічного обладнання конвеєрні машини виконують не тільки суто транспортну функцію, але й використовуються як передаточні пристрої в технологічних автоматизованих лініях по виготовленню, обробці деталей, збиранню вузлів та агрегатів. Завдяки високій продуктивності, спрямованості дії та автоматизації управління конвеєри стають складовою та невід'ємною частиною сучасного технологічного процесу; вони встановлюють та регулюють темп виробництва, забезпечують його ритмічність, сприяють підвищенню продуктивності праці та збільшенню випуску продукції.

Для подібної машини характерні такі істотні властивості, як безперервність роботи, наявність вантажонесучого органу та інші. З розвитком поточного способу організації виробництва набувають ваги наступні властивості конвеєрів: пропорційність, динамічність та спрямованість процесу, що реалізується за допомогою них. В сучасному конвеєрному виробництві виникає ряд нових визначаючих граней, що пов'язані з поширенням галузей використання даного обладнання. Це синхронність та пропорційність між основними та допоміжними операціями, відсутність протиріччя між транспортними та технологічними рухам, універсальність машини та можливість реалізації комплексної технологічної дії в складі автоматизованих виробничих ліній.

Таким чином, основним протиріччям виробничої реалізації процесів є відносини між технологічним та транспортним рухом, що можна використовувати як критерій оцінки досконалості технологічного обладнання.

Першій ступені досконалості відповідають установки, у яких процес обробки сировини та її транспортування здійснюються окремо при

поступній реалізації певної технології. При цьому переміщення вантажу може відбуватися або за допомогою механічних тягових органів, або під дією аеродинамічного чи гідродинамічного напору, або під дією електромагнітного поля.

Розвиток обладнання даної ступені прослідковується у використанні заходів, коли технологічна дія полегшує реалізацію транспортної. Такі установки можна віднести до другої ступені досконалості. Наприклад, у вібраційних машинах низькочастотні коливання використовуються як засіб, що знижує сили внутрішнього тертя у сипучому середовищі, яке оброблюється; поліпшує умови його транспортування та зменшує кут самопливного руху.

У машинах третього ступеня досконалості у процесі транспортування здійснюється частина технологічної обробки продукції. Така обробка має місце при поєднанні процесів перемішування та подрібнення при транспортуванні продукції у шнекових механізмах, наприклад, вовчків-м'ясорубок; при здійсненні операцій диспергування та рівномірного розподілу за концентрацією дисперсної фази молока у гомогенізаторах; при поєднанні процесів транспортування та розділення сировини за певними класифікаційними ознаками, наприклад, у бункерних живильниках та накопичувачах, у вібраційних лотках-транспортерах та підйомниках. У доставочних вібраційних конвеєрах та насосах вібраційна транспортно-технологічна дія дозволяє ефективно змінювати напрям, швидкість та енергетичні параметри транспортування; дозволяють сумістити транспортну та ряд технологічних функцій, коли, наприклад, нижню частину вантажонесучого органу поміщають в ємкість, що наповнена робочим середовищем при гідролізі, промиванні, регенерації, обробці у кислоті та струменях тощо; опорну частину конвеєра виконують перфорованою для проходження енергоносія через отвори у днищі та створення так званого псевдорозрідженого шару. Останній ефект

прослідковується у окремій групі конвеєрних машин, що дають можливість реалізувати об'ємну взаємодію між продукцією та інструментом. Простота конструктивного виконання подібних машин та автоматизації технологічних процесів обробки при їх реалізації обумовлює перспективність їх розвитку з метою досягнення найвищих форм безперервності та пропорційності.

Для обладнання з вищими ступенями досконалості характерно виконання технологічного впливу на продукцію безпосередньо при здійсненні транспортного руху. Застосування роторно-конвеєрної схеми для здійснення операцій об'ємної обробки продукції забезпечує реалізацію основних технологічних операцій безпосередньо рухом конвеєрної системи. Проте реалізація такої схеми обробки продукції вимагає високої складності конструктивного виконання, викликає труднощі універсалізації машини, супроводжується значною металоємкістю та енергоємкістю обладнання.

4.3.2. Вібромеханічна інтенсифікація конвеєрних біотехнічних систем

Суттєвою ознакою конвеєрної вібраційної технологічної машини є наявність вібраційної технологічної дії при поточному способі організації роботи машини. Подібні машини поєднують два відносно незалежних, але й взаємопов'язаних технологічних аспекти: використання можливостей «вібраційного поля» при технологічному впливі на продукцію низькочастотних коливань в умовах поточної форми її організації. Вібраційна дія являє собою основний динамічний фактор роботи машини, що має місце у вібраційних технологічних машинах [28, 29, 30, 31]. Процес переміщення продукції виступає відповідно як допоміжний технологічний рух, що спрямований на здійснення суто транспортної операції та реалізується, зокрема, у вібраційних доставочних конвеєрах. Спосіб реалізації транспортного та технологічного рухів, тобто основних складових

виробничого процесу, здебільшого, визначає різноманітність конструктивного виконання конвеєрних технологічних машин.

Пропорційність між транспортним та технологічним рухом служить класифікаційною ознакою, що обумовлює як досконалість, так і конструктивні особливості технологічного обладнання. За даною ознакою розрізняють машини з роздільним, супутнім та сумісним виконанням транспортної та технологічної дії.

Існуючі вібраційні конвеєри використовуються в основному для переміщення вантажів у різних напрямках. Також отримують розвиток транспортно-технологічні машини, що ефективно здійснюють в процесі транспортування і технологічну обробку сипкого продукту, що переміщується: сушіння, екстрагування, кристалізацію та інші тепломасообмінні процеси. Такі технологічні системи, як правило, відзначаються складністю конструктивного виконання своїх елементів, необхідністю застосування спеціальних транспортуючих пристроїв, що нерідко нівелює переваги поточного режиму обробки. Окрім того, значні проблеми складають забезпечення взаємоузгодженого функціонування транспортних та технологічних ланок, можливість підвищення рівня механізації та автоматизації таких систем. Тому набуває актуальності пошук ефективних віброконвеєрних схем для транспортно-технологічної обробки сипкої сільськогосподарської та харчової сировини, аналіз яких представлено на рисунку 4.1.

Технологічна дія вібрації може бути розгалужена на три основні складові: адресний вплив на масу продукції, що обробляється, на робочий контейнер та на робочі органи машини; цільова зміна технологічного опору системи; функціональна універсалізація при використанні вібромеханічних елементів, які детально представлені на рисунку 2. Особливо ефективно виявляється вібраційний вплив для інтенсифікації тепломасообмінних процесів завдяки значному підвищенню контактної площі в умовах

віброзваженого шару; поліпшенню рівномірності пошарової обробки та згладжуванню термічних напруг в матеріалі, що досить актуально для термолабільних систем; простоті реалізації та легкості погодженості транспортних і технологічних рухів у робочій зоні апаратів.

Вібраційна обробка в умовах сипкого середовища характеризується динамічною дією робочих органів; акустичною дією ударних хвиль. Також, як один з технологічних або транспортних рухів використовується вібраційне переміщення. Таке переміщення зводиться або до руху з постійною швидкістю чи із швидкістю, що повільно змінюється; або до т.з. відведення – зміщення положень рівноваги та до появи одного чи декількох дискретних положень квазірівноваги; або із уявним перетворенням сухого тертя у в'язке як результат зниження ефективного коефіцієнта тертя при вібрації. Це обумовлює підвищення рівномірності обробки при зменшенні часу технологічної дії, що опосередково призводить до зменшення енерговитрат. Подібні фізико-механічні процеси, обґрунтовують вібраційну обробку як один із найефективніших типів механічної дії, що набуває все більшого розвитку в різноманітних галузях харчових та переробних виробництв [32, 33, 34].



Рис. 4.1. Засоби вібромеханічної інтенсифікації

Вібраційна обробка в умовах сипкого середовища характеризується динамічною дією робочих органів; акустичною дією ударних хвиль. Також, як один з технологічних або транспортних рухів використовується вібраційне переміщення. Таке переміщення зводиться або до руху з постійною швидкістю чи із швидкістю, що повільно змінюється; або до т.з. відведення – зміщення положень рівноваги та до появи одного чи декількох дискретних положень квазірівноваги; або із уявним перетворенням сухого тертя у в'язке як результат зниження ефективного коефіцієнта тертя при вібрації. Це обумовлює підвищення рівномірності обробки при зменшенні часу технологічної дії, що опосередково призводить до зменшення енерговитрат. Подібні фізико-механічні процеси, обґрунтовують вібраційну обробку як один із найефективніших типів механічної дії, що набуває все більшого розвитку в різноманітних галузях харчових та переробних виробництв (рис. 4.2).

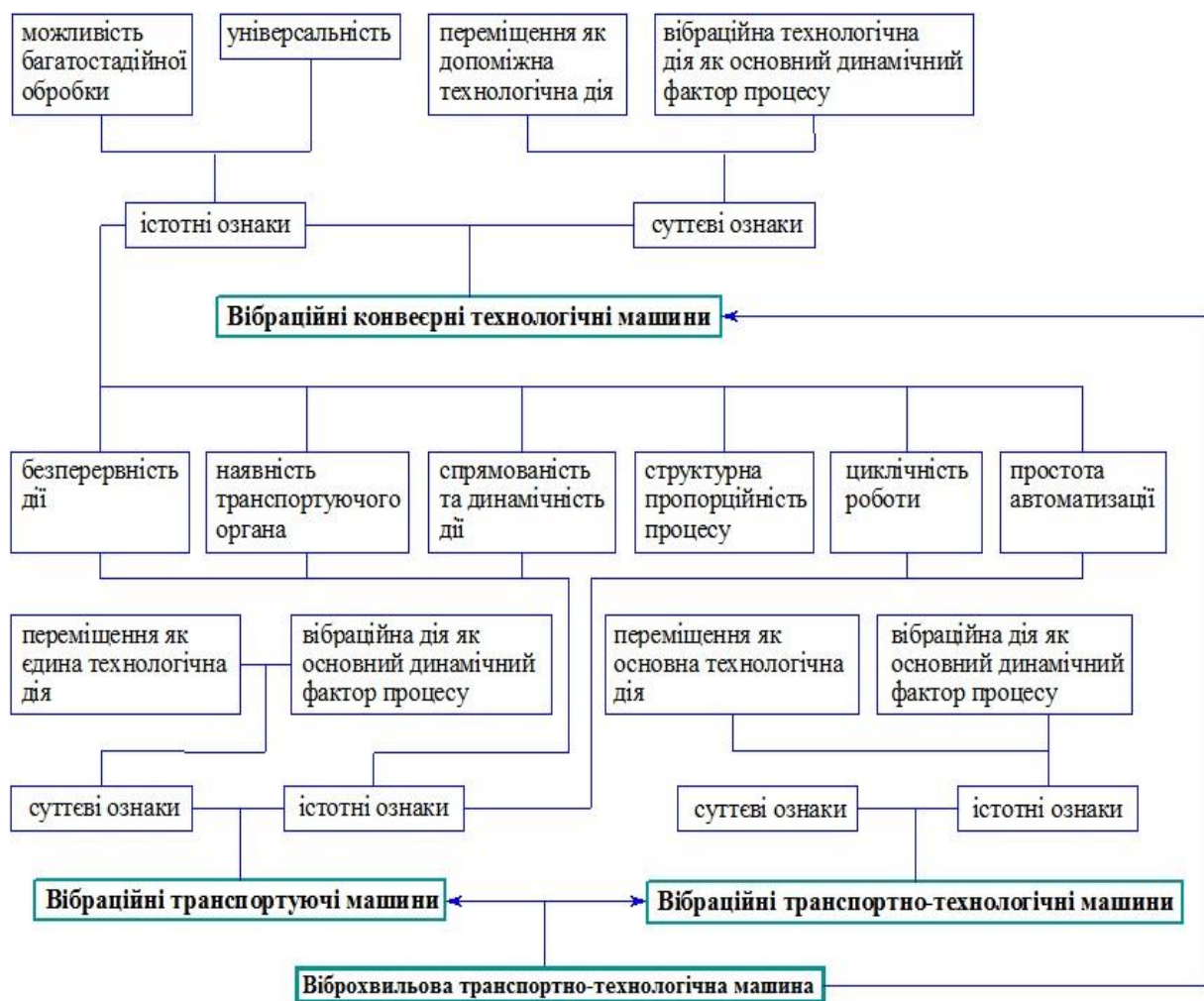


Рис. 4.2. Обґрунтування способу транспортування продукції

Прослідковуючи розвиток за відзначеними ступенями обладнання з використанням низькочастотних коливань, можна відзначити власне вібраційні транспортери, в яких вібраційна дія спрямована або на здійснення суто транспортного руху; вібраційні транспортно-технологічні машини, при експлуатації яких має місце транспортування та супутнє виконання певних технологічних операцій: сушіння, зволоження, сортування, калібрування тощо; вібраційні технологічні машини конвеєрного типу, у яких на здійснення певних операцій технологічної обробки виділяються окремі ділянки конвеєрної лінії, відбувається об'ємна обробка продукції з цілеспрямованим заданням їй потрібних траєкторій

руху.

Особлива увага вібраційним машинам зумовлюється не тільки такі їх властивості як синхронність та пропорційність між основними та допоміжними операціями, простота згладжування протиріччя між транспортними і технологічними рухами, висока універсальність та технологічна гнучкість, порівняна легкість переходу від комплексної технологічної дії до створення автоматизованих технологічних ліній. Вважаю, що основними чинниками такої уваги є можливість реального переходу обладнання до вищих ступенів досконалості за взаємодією транспортних та технологічних рухів; а також широта застосування таких технічних та біотехнічних систем, що прослідковується ефективність їх застосування на більшості технологічних стадій харчових і переробних виробництв.

Технологічна гнучкість даних систем виявляється, зокрема, у ефективному використанні у вібраційних конвеєрних машинах спеціальних транспоруючих механізмів у вигляді відомих транспортерів, серед яких перевагу надають стрічковим конвеєрам. Прикладом таких машин є хвильові конвеєри, у яких реалізується саме вібраційне переміщення, коли довжина вантажонесучого органу незначна по відношенню до довжини хвилі. При цьому хвильові системи є повністю механічно зрівноваженими, що вирішує один із основних недоліків вібраційних машин. Такі характеристики створюють широкі можливості вирішення різних специфічних задач, що виникають при здійсненні даних операцій при поштучному транспортуванні та зберіганні, орієнтації предметів обробки; переміщенні як сипучих, пороховидних, так і рідких, липких та пластичних мас. Ефективність реалізації технологічних дій у таких вібраційних та хвильових технічних системах зумовлюється функціонуванням при асиметрії як сил інерції, так і сил тертя; що реалізуються у лінійному, плоскому та об'ємному розповсюдженні. При цьому вібраційні та хвильові

транспортно-технологічні системи відрізняються простотою конструктивного виконання, легкістю обслуговування та експлуатації, високою довговічністю та надійністю в самих складних умовах експлуатації, ремонтпридатністю та взаємозамінністю вузлів.

Пошук нових конструктивних та технологічних схем технічних систем найвищих форм досконалості виділив перспективність застосування обладнання з вільним кінематичним зв'язком між інструментом та об'єктом обробки. Така система зв'язку дозволяє разом із спрощенням конструктивного виконання реалізувати об'ємну взаємодію робочого вільногранульованого середовища з виробами. Прикладом таких систем є флюїдизаційні та семі-флюїдизаційні машини для реалізації операцій підморожування та заморожування продукції, що легко пошкоджується. В основі даних машин у конструктивному плані є вібраційні та хвильові конвеєри, а базою процесної реалізації служить саме створення псевдорозріджених та аерофонтанних умов взаємодії потоку холодоносія та маси продукції. За таких умов поверхня контакту технологічних мас та сировини або продукції, що обробляється, досягає 100%. Такої високої поверхні тепломасообміну не спостерігається при будь-яких засобах механічної дії, у той час, як необхідність даного ефекту розповсюджується на механічні, теплофізичні, фізико-хімічні, хімічні та мікробіологічні взаємодії.

Окрім того, біотехнічні системи з вібраційним та хвильовим рушієм, характеризуються порівняно простотою забезпечення керованості процесу такої обробки. Цілеспрямована технологічна дія машини, яка органічно поєднується з керованим транспортуючим рухом, становить достатню умову відповідності наступному і якісно вищому рівню досконалості взаємодії технологічного обладнання. Таким чином, серед основних напрямів розвитку технологічного обладнання можна виділити вдосконалення вібраційних машин конвеєрного типу та створення умов для

керованості процесом обробки деталей чи продукції.

Розглядаючи функціональний потенціал представлених вібраційних та хвильових технічних систем, можна відзначити можливості його зміни у широких межах. Використання гнучкого транспортуючого елемента для забезпечення циркуляційного руху робочого середовища забезпечує поліпшення якості обробки продукції та підвищенню інтенсифікації процесу.

У результаті виконання конвеєрного елемента з можливістю зміни кута нахилу маса завантаження зміщується донизу до нерухомої кільцевої ділянки, де відбувається різке гальмування. Коли сировина з робочим тілом надходять до наступної ділянки, яка обертається із зворотною швидкістю, виникає додатковий імпульс для переміщення технологічного завантаження. Така динаміка взаємодії технологічних та транспортних рухів дозволяє регулювати режими роботи машини.

Інший стрічковий елемент вібраційної машини застосовується з метою видобутку обробленої продукції із маси робочого середовища за феромагнітним властивостями та переміщення їх до прийомної тари, використовуючи спеціальний магнітний блок. Під дією магнітного поля феромагнітні частини притягуються до стрічкового транспортеру та виводяться із зони обробки.

З метою підвищення продуктивності стрічку вібраційної машини розташовують на барабані у вигляді спіралі, що дозволяє збільшити кількість продукції, що одночасно обробляється у системі. За такої схеми спостерігається наявність коливальної та неколивальної гілок гнучкої стрічки. Тому з метою забезпечення компенсації таких положень, механізм подачі гнучкого вантажонесучого органу споряджений тяговими та гальмівними парами роликів.

Цікавим конструктивним рішенням є похиле розташування транспортної стрічки вздовж робочого контейнеру та створення своєю

зовнішньою поверхнею його рухоме днище. При цьому вал вібробуджувача установлений з можливістю передачі змінних коливань по довжині зони обробки. Така компоновка приводить до того, що по мірі переміщення стрічки у контейнері постійно зростає енергія зіткнення часток робочого середовища з частками сировини; дозволяючи повільно змінювати режими обробки у процесі транспортування.

Також відомі конструкції, у яких гнучкий транспортуючий елемент виконаний у вигляді труби, яка сформована з дротяного матеріалу та створює сітку вічками, розміри яких перевищують розміри гранул робочого середовища. Така взаємодія виконавчого інструменту та транспортуючого засобу забезпечує обробку сировини з усіх сторін робочої камери.

Розглянуті конвеєрні вібраційні машини мають подібні основні конструктивні елементи, які забезпечують технологічну обробку та транспортування гнучким конвеєром, що дозволяють ефективно вирішувати проблему вилучення виробів із маси робочого середовища та зумовлюють хороші перспективи для здійснення повної автоматизації процесу обробки. Проте загальним недоліком їх можна назвати те, що саме наявність гнучкого транспортувального елемента значно ускладнює конструкцію машини, утруднює, а в деяких випадках і виключає можливість регулювання робочих режимів вібраційної установки.

З метою спрощення конструктивного виконання торці контейнеру виконані у вигляді двох дисків, а його бічна поверхня створена транспортерною стрічкою. Коливальний рух контейнеру надається від приводного валу з двома кулачками. При цьому підшипники не передають крутний момент дискам, а тільки сприяють їх радіальним переміщенням, що зумовлені ексцентриситетом приводного валу. Таким чином, диски синхронно здійснюють коливальний рух по коловій траєкторії та одночасно провертаються на певну величину, що протилежна обертанню валу. Стрічка на ділянці контакту з торцевими дисками здійснює одночасно з ними коливальний рух та просовується за рахунок

циркуляційної дії завантаження і обертання дисків. Переміщення стрічки можливе тільки при достатньому зчепленні між торцевими дисками контейнера та гнучкою стрічкою, низькому коефіцієнті тертя в опорних вузлах машини та при досить інтенсивному режимі обробки. Ці умови значно звужують інтервал можливих робочих швидкостей транспортної стрічки, що обмежує продуктивність та технологічні можливості машини.

Аналіз розглянутих конвеєрних вібраційних машин показує, що гнучкий елемент даних установок виконує ряд різноманітних і важливих функцій, а саме: здійснює транспортування робочого середовища, продукції та пристроїв, вилучення їх із зони обробки; служить місцем для кріплення деталей та вивантажувальних пристроїв; створює своєю поверхнею рухоме днище робочого контейнера, а то і взагалі – усі стінки робочої камери, реалізує можливість багатостадійної обробки за порівняно простої конструкції обладнання. Такий широкий спектр функціонального використання гнучкого елемента свідчить про постійний пошук вітчизняними та закордонними конструкторами раціональної компоновки вібраційних машин безперервної дії; про широкі можливості універсалізації, комплексної механізації та автоматизації технологічного процесу; про перспективи росту досконалості подібних конвеєрних вібраційних машин.

Розроблений вібропривод відтискуючої машини [35, 36] містить двигун 1 (рис. 4.3), який через пружну муфту 2 з'єднується з ексцентриковим валом 3. Противаги 4 дозволяють зрівноважувати стаціонарні маси системи, а пружні елементи 5 забезпечують як демпфірування, так і передачу інерційних навантажень на раму вібраційної машини, значно розвантажуючи опорні вузли 6 приводного вала 3.

Система транспортування продукції у зону обробки складається із еластичної стрічки 7, що спирається на вальці 8, 9, 10, 11, 12, останній з яких є ведучим та забезпечує переміщення в зону обробки разом із стрічкою

продукції 13 з лотка 14. Перфорована ділянка стрічки 7 та лоток 15 служать для вилучення відтиснутої рідини, а закріплений на поверхні стрічки лючок 16 – для вивантаження залишку. Опорні вальці 8, 9 з пружними елементами 17 не тільки з'єднують раму вібромашини із стрічкою 7, але і забезпечують необхідний натяг останньої.

Перемішувачий механізм виконаний у вигляді лопатевого пристрою з механізмом вільного ходу, який складається з системи ведучого 18 та веденого 19 елементів, штанги 20 та вантажа маятника 21, який через пружини 22 з'єднується з робочим контейнером. Лопатевий вал містить порожнистий вал 23, із-зовні якого монтуються перемішувачі лопаті 24, а всередині – розташовується приводний вал 3, опорні вузли якого встановлюються на платформі 25.

Робочу ємкість машини становлять диски 26 та поверхня еластичної стрічки 7. Для поліпшення контакту стрічки та дисків 26 на поверхні останніх передбачено напрямні 27.

Дана конструкція вібраційної машини реалізує ідею єдиного приводу і перетворення коливань контейнера в обертовий рух лопатевого валу, що органічно вписується в схему машини конвеєрного типу. Основна новизна конструкції полягає у застосуванні означених конструктивних заходів для реалізації процесу відтискування рідини в безперервному циклі обробки твердотільної сировини.

При реалізації процесу обробки сировина через лоток 11 потрапляє на еластичну стрічку 7, рух якої забезпечується обертанням від окремого приводу вальця 12, та далі надходить до робочого контейнера. Попередньо примусовим обертанням вальця 12 стрічка 7 своєю перфорованою ділянкою підводиться в зону обробки. Одночасно від двигуна 1 через муфту 2 приводиться до обертання ексцентриковий вал 3, що збуджує коливальний рух дисків 26 та сполученої з ними перфорованої ділянки стрічки 7. Крім того, вібрація через опорні елементи передається ведучим та веденим

ланкам механізму вільного ходу, а через штанги 20 – вантажам маятника 21.

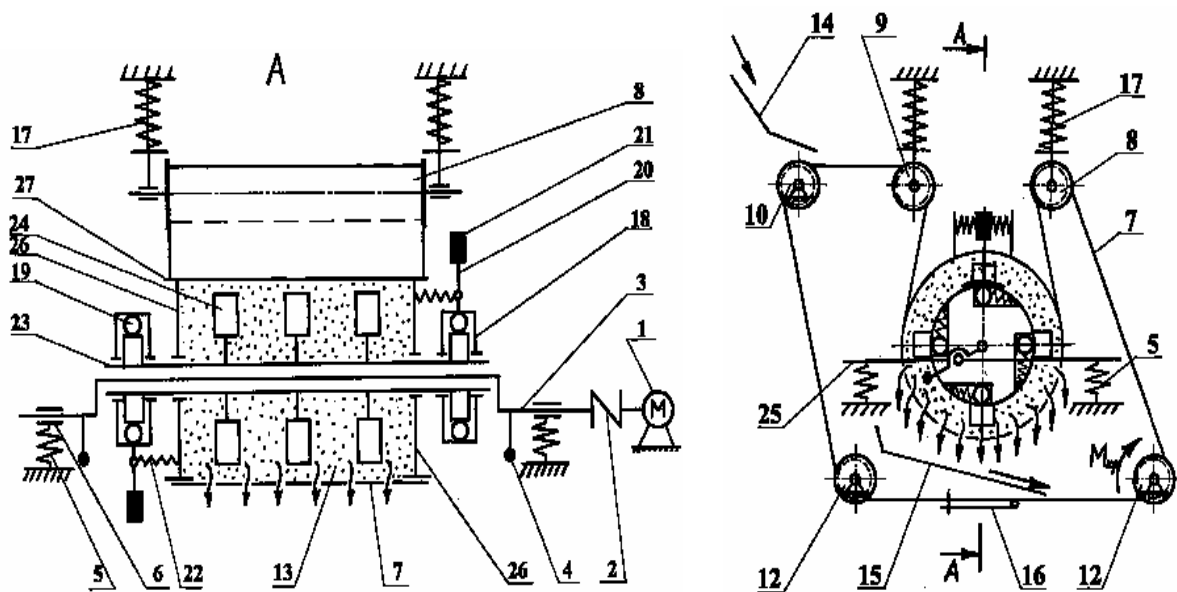


Рис. 4.3. Конвеєрна вібромашина для відтискування рідини

Власні частоти коливань маятників підбирають рівними частотам коливань робочого контейнера в установленому режимі. Тому виникнення резонансу в одній системі зумовлює ефективне перетворення коливального руху маятників до обертового руху лопатевого вала 23. В результаті лопаті 24, як і вібраційне поле в зоні обробки забезпечують пресуючу дію на продукцію 13, яка весь час перебуває у стані циркуляційного руху. Рідина, що відтискується під час такої технічної дії проходить через отвори перфорованої ділянки та відводиться лотком 15. По досягненні необхідного виходу рідини примусовим рухом стрічки 7 до робочої зони підводиться ділянка з лючком 16, через який здійснюється вивантаження відтиснутого залишку. Одночасно нова партія завантаження проходить до зони відтискування, замикаючи технологічний цикл.

Таким чином, з одного боку, поєднання коливального руху поверхонь робочої ємкості та відтискуючої дії лопатів створюють високу енергонасиченість технологічного завантаження та відповідно високу продуктивність машини; а з іншого боку, за даного способу обробки має

місце безперервний технологічний цикл при порівняно простому конструктивному виконанні робочих органів вібраційної машини та реалізації енергозберігаючої технології, що зумовлює ефективність застосування представленої віброконвеєрної машини. Обґрунтовано технологічні та конструктивні схеми машин для вібраційної обробки, які відзначаються удосконаленням пружної системи віброзбудження, реалізацією замкненої системи циркуляції технологічного середовища при безперервному циклі обробки. Превалюючими для транспортно-технологічних машин стали такі властивості як погодженість транспортного та технологічного рухів, технологічна гнучкість та універсальність, ефективне використання стрічки тягового органу, що було втілено у розроблені схеми та експериментально-промислові моделі віброконвеєрних машин для реалізації операцій миття, очищення поверхневого покриття, відтискування, просівання в одну або декілька стадій.

4.3.3. Моделювання біотехнічної системи «Транспортний засіб з ручним приводом»

При моделюванні транспортно-технологічних біотехнічних систем досліджували машини з ручним приводом (табл. 4.9), з приводним двигуном внутрішнього згорання (табл. 4.10) та самохідні (табл. 4.11, 4.12).

Таблиця 4.9.

Результати моделювання процесу транспортування сировини

Крок	1. БТС: Людина – велосипед – дорога – вантаж			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	командно-виконавча	виконавча	напрямок + двигун	переміщення
4. Склад	людина	велосипед	дорога + м'язи людини	вантаж (умовний)
5. Функції	1) повертає; 2) утримує рівновагу; 3) змінює швидкість; 4) гальмує;	1) котиться 2) повертає 3) амортизує 4) гальмується 5) відгукується на врівноваження 6) змінює швидкість	1) спрямовує 2) змінює силу кочення 3) змінює тряску 4) виконує роль двигуна	1) перевозиться
6. Кількість функцій	$a=4$	$b=6$	$e=4$	$d=1$
7.	Код $K=abcd=4641$.			
8.	Валентність $A=6-a=6-4=2$			
9.	Ранг семичний $F_7 = Abed = 264A$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 686 + 294 + 28 + 1 = 1010$			

Примітка: шлях удосконалення: збільшення якості ланок І та В.

4.3.4. Моделювання біотехнічної системи «Транспортний засіб з приводним двигуном внутрішнього згорання»

Таблиця 4.10.

Результати моделювання процесу транспортування сировини при допомозі біотехнічної системи, що отримує рух від двигуна внутрішнього згорання

2. Ланки	О	І	В	К
I	2	3	4	5
4. Склад	1) людина	1) педалі + МРЛЕЕ (рЛМА)	1) дорога 2) двигун 3) муфта 4) коробка швидкостей	1) вантаж

1	2	3	4	5
5. Функції	1) рулить 2) рівняє 3) перемикає	1) перекат 2) повороти 3) амортизація 4) гальмування 5) зміна швидкості 6) відгук на врівноваження	1) напрямок 2) сила кочення 3) тряска 4) привід 5) зміна потужності 6) зміна оборотів	1) перевозиться
6. Кількість функцій	$a=3$	$b=6$	$e=6$	$d=l$
7.	Код $K=3661$.			
8.	Валентність $A=b-a=6-3=3$			
9.	Ранг семичний $F_7 = Abed = 3661$			

Примітка: різниця ТУ з транспортним засобом $\Delta F_{10} = 1366 - 1009 = 357$ е.р.

4.3.4. Моделювання біотехнічної системи «Самохідний зернозбиральний комбайн»

Таблиця 4.11.

Результати моделювання процесу збирання та транспортування сільськогосподарської сировини при допомозі причіпного зернозбирального комбайну СК- 6, 1940 рік

Крок	1. БТС: Персонал – комбайн – шасі – нива			
2. Ланки	О	І	В	К
3	управління, регулювання	виконання	напрямок, посилення	обслуговувана
4. Склад	1) комбайнер	1) жниварка 2) молотилка 3) сортування у повітряному потоці 4) бункер 5) копнювач	1) двигун 2) шасі 3) коробка передач 4) рульове управління	1) маса зерносоломи
5. Функції	управління: 1) напрямом 2) швидкістю 3) жниваркою 4) двигуном 5) копнювачем 6) бункером	жниварка: 1) уловлює 2) зрізає 3) подає молотилка: 4) молотить 5) сепарує 6) віє	двигун: 1) постачає енергію 2) змінює обороти 3) висвітлює шасі: 4) спрямовує	1) захоплюється 2) зрізається 3) подається 4) омолочується 5) віється 6) сепарується 7) повертається 8) домолочується

	контроль: 7) візуально 8) слухом	7) просіває 8) домолочує 9) транспортує копнювач: 10) копнить 11) вивантажує бункер: 12) бункерує 13) вивантажує	КП: 5) змінює швидкість рульове управління: 6) змінює напрямок	9) транспортується 10) просівається 11) бункується зерно 12) копнється солома і полова 13) вивантажується зерно 14) вивантажується полова
6. Кількість функцій	$a=8$	$b=13$	$e=6$	$d=14$
7.	Код $K=1$.			
8.	Валентність $A=5$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 53010$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 13041$			
11.	$AF_{10} = 13041-9968 = 3073$, тобто комбайн СК-5 є більш досконалим за технічним рівнем порівняно з причіпним комбайном С-6 на 3073 одиничних рангів. Біотехнічна система комбайна СК-5 відноситься до 5-ланкових систем, як і система С-6, але СК-5 компактніше, ніж С-6, вимагає менше персоналу, на 6 осіб, не потрібно трактор, жниварка та копнувач не мають колісних шасі, а навішуються на молотилку-шасі.			

Таблиця 4.12.

Результати моделювання процесу збирання та транспортування сільськогосподарської сировини при допомозі самохідного зернозбирального комбайну СК-5, 1980

Крок	1. БТС: Персонал – комбайн – трактор – нива			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	командно-виконавча та регулювальна	виконавча	напрямна, що посилює	обслуговувана
4. Склад	1) комбайнер 2) тракторист 3) штурвальний 4) кантарники 5) коптильники	1) жниварка 2) молотилка 3) сортування-віялка 4) бункер 5) копнювач	1) трактор 2) шасі жниварки 3) шасі комбайна 4) двигуни	1) маса зерносоломи
5. Функції	управління: 1) напрямом 2) швидкістю 3) жниваркою 4) двигуном	жниварка: 1) уловлює 2) зрізає 3) подає молотилка:	трактор: 1) спрямовує 2) посилює (переміщає) 3) висвітлює	1) захоплюється 2) зрізається 3) подається 4) омолочується 5) віється

	трактора 5) двигуном комбайна 6) копнювачем 7) бункером 8) мішками 9) соломою 10) зчепленням контроль: 11) візуально 12) слухом 13) вилами	4) молотить 5) сепарує 6) віє 7) просіває 8) домолочує 9) транспортує копнювач: 10) копнить 11) вивантажує бункер: 12) бункерує 13) вивантажує	двигун комбайна: 4) приводить у дію комбайн 5) змінює обороти 6) висвітлює шасі: 7) фіксують вузли 8) перекочують комбайн	6) сепарується 7) повертається 8) домолочується 9) транспортується 10) просівається 11) бункується зерно 12) копнється солома і полова 13) вивантажується зерно 14) вивантажується полова
6. Кількість функцій	$a=13$	$b=13$	$e=8$	$d=14$
7.	Код $K=21030$.			
8.	Валентність $A=4$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 41030$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 9968$			
11.	Порівняно з комбайном СК-5 технічний рівень комбайна СК-6 нижче: $AF=9968-13041=-3073$ одиничних рангів. Передбачувані 5 ланок БТС: 1) персонал, 2) трактор, 3) жниварка + колісне шасі, 4) молотилка - сортування - віялка - колісне шасі, 5) копнювач + бункер.			

4.4. Моделювання процесів харчових виробництв

4.4.1. Моделювання біотехнічної системи «Холодильна машина»

Одними із найбільш розповсюдженими процесами харчових і переробних виробництв є тепломасообмінні [37]. Моделювання здійснювали на основі результатів досліджування теплохолодильних біотехнічних систем (табл. 4.13).

Таблиця 4.13.

Результати моделювання процесу охолодження харчової сировини при допомозі холодильної машини МХУ-8С

Крок	БТС: Холодильна машина			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	управління регулювання	виконавча	посилення	обслуговуюча
4. Склад	1) ТРВ – терморегулюючий вентиль 2) пускова апаратура	випарник, акумулятор холоду	компресор, теплообмінник	конденсатор, холодоагент (фреон), фільтр
5. Функції	1) дреселування рідкого фреону 2) регулювання подачі фреону 3) автоматичне включення/виключення електродвигунів компресора та конденсатора	1) випаровування фреона 2) відбір тепла з охолоджуваної рідини 3) акумуляція холоду	1) стиск газу фреону 2) нагрівання фреону 3) переохолодження рідкого фреону 4) нагрівання газоподібного фреону	1) охолодження газоподібного фреону 2) конденсація газоподібного фреону 3) фільтрація фреону від води та масла
6. Кількість функцій	$a=3$	$b=3$	$e=4$	$d=3$
7.	Код $K=3340$.			
8.	Валентність $A=6-a=6-3=3$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 3343$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 1207$			

4.1.4. Моделювання біотехнічної системи «Теплохолодильна машина ТХУ-14»

Порівняно з МХУ-8С машина ТХУ-14 має відмінність – блок утилізації тепла, що викидається раніше (в МХУ-8С) в атмосферу. Відбір тепла відбувається в теплообміннику, що приєднується до конденсатора, тому ланка "клієнт" має додаткові функції: 1) відбір тепла, що утилізується, 2) акумуляція тепла, 3) подача тепла споживачеві (тварин, людям, на технічні потреби). $\Delta F=3$. $F_7=3346$.

4.1.5. Моделювання біотехнічної системи «Завод протеїнового зеленого концентрату»

Завод протеїнового зеленого концентрату містить технологічна лінія: 1) скошування люцерни. 2) перевезення; 3) завантаження; 4) очищення; 5) подрібнення; 6) вижимання соку; 7) обробка аміаком; 8) коагуляція парою; 9) центрифугування; 10) відбір пасти; 11) відбір коричневого соку 12) гранулювання; 13) сушіння; 14) транспортування; 15) бункерування; 16) дозування; 17 і 18) стабілізація каротину реактивом і парою; 19) гранулювання-2; 20) охолодження; 21) бункерування; 22) зважування; 23) розфасовка.

Таблиця 4.14.

Результати моделювання процесу виробництва харчової продукції на заводі протеїнового зеленого концентрату

Крок	Завод ПЗК			
2. Ланки	О	І	В	К
3. Роль	управління	виконання	посилення	зміна речовин
4. Склад	персонал	машини = верстати	двигуни + транспорт	зелений люцер
5. Функції	1) налагодження 2) контроль 3) спостереження 4)			

	техобслуговування 5) облік 6) збут 7) закупівля 8) оплата праці			
6. Кількість функцій	$a=8$	$b=23$	$e=23$	$d=23$
7.	Код $K=14552$.			
8.	Валентність $A=5$			
9.	Ранг семичний $F_7 = 54552$			
10.	Ранг десятковий $F_{10} = 13659$			
11.	Код та ранг F_7 містять по 5 цифрових позицій, тому завод ПЗК має 5 ланок: 1) дирекція, 2) фахівці, 3) техніка, 4) енергетика, 5) сировина (готова продукція не є ланкою за своїм визначенням).			

4.5. Математичне розв'язання «Антиномії Рассела 1902 року»

4.5.1. Поняття антиномії Рассела

Математики стверджують [22, 38], що антиномії можна розв'язати тільки на основі принципово нових теорій. Перевіримо, чи існує принципова (абсолютна) новизна у теоретичних положеннях "квантової механіки біотехнічних систем". І тому спробуємо вирішити досі невирішену математиками «антиномію Рассела 1902 року» на основі використання розробленої «квантової механіки систем».

Існують абстрагуюча та життєва варіанти антиномії. Життєвий варіант антиномії Рассела такий: «Сільський перукар голить тих і лише тих жителів села, які не голяться самі. Чи голить перукар себе?» [22].

Звичайні умови рішень представляються у наступному вигляді: знайдеться хоча б один перукар ($П$) такий, що належить до неохайних (A) або самостійних мешканців (D) населеного пункту, отже такий перукар може голити себе:

$$\exists P: (P \subset A \subset D) = P \in A \in K. \quad (4.9)$$

Тобто перукар може бути клієнтом (K) своєї перукарні. Це перший варіант відповіді на поставлену задачу.

Але після першого ж гоління перукар належатиме вже до тих мешканців, що голяться (B), серед самостійних мешканців населеного пункту (D), отже за умовою завдання перукар (P) не може голити себе, тобто не може бути клієнтом (K), що представляється логічним висновком:

$$(P \subset B \subset D) \equiv P \notin K \quad (4.10)$$

Очевидно, що друга відповідь протилежна першій, що складає парадокс. Завдання не вирішено через відсутність теорії рішення. Такий стан тривав майже 100 років. Математики чекали нової теорії. Спробуємо розв'язати задачу з теорії розробленої нами «Квантової механіки біотехнічних систем» (КМБС).

4.5.2. Вихідні дані через складові біотехнічних систем до вирішення антиномії Рассела

Випишемо деякі потрібні нам положення «квантової механіки біотехнічних систем»:

1. *Аксіома I*: діюча система транзитивна самій собі у станах, які не призводять до створення продукту, тобто дані стани не збігаються з робітником за часом.
2. Елементарна працездатна система не може мати менше чотирьох ланок згідно із першим технічним законом «теорії вирішення винахідницьких завдань» [1, 22], що був доведений у праці [38].
3. Перший принцип КМБС – *ієрархії*, а саме, ланки систем ієрархічно залежні у порядку: оператор (P) $\rightarrow$ інструмент (I) $\rightarrow$ верстат або станок (C) $\rightarrow$ клієнт (K).
4. Перший закон КМБС - *несумісності*: ролі ланок є несумісними за призначенням, що ілюструється у таких ланцюгах біотехнічних систем,

як оператор - командна ланка, регулятор - регулююча, стимулятор - каталізуюча, інструмент - виконавча, верстат - підсилювальна і напрямна, клієнт - ланка, що обслуговується .

5. Перший постулат КМБС - про *продукт та функцію*: діюча система створює продукт, який не є ланкою системи та має функцію, яка не є товарним продуктом системи.

6. Другий постулат КМБС - *про перестановки ланок*: перестановка ланок в ієрархічному ланцюзі змінює функцію та продукт системи.

7. Логікоматематична модель діючої системи згідно КМБС

$$BTC_1 = \{[P \circ I \circ C \circ K] \rightarrow (M = 1; \Delta M = 1)\} \quad (4.11)$$

8. Модель цієї системи у режимі очікування чергового клієнта:

$$BTC_2 = \{[P \circ I \circ C \circ (K=\emptyset)] \rightarrow (M = 1; \Delta M = \emptyset)\} \quad (4.12)$$

Перукарня Рассела як елементарна біотехнічна система (БТС) у робочому стані має ланки: *P* – перукар, *I* – інструмент, *C* – верстат (крісло та кабінет), *K* – клієнт. У процесі взаємодії структурних елементів системи ланки істинно ($M = 1$), що приводить до створення продукту, наприклад, заробіток у вигляді грошей із істинним приростом ($\Delta M = 1$) продукту на даний момент.

У режимі очікування клієнта ($K = \emptyset$) приросту продукту немає ($\Delta M = \emptyset$). Отже, перукар, що голиться, у цей момент не є клієнтом системи

$$P \notin K \quad (4.13)$$

В іншому випадку порушиться сенс транзитивності подій (за 1 аксіомою) у працюючій та непрацюючій системі, тобто такій, що не створює продукт системи у даний момент часу.

Якщо перукар голиться за наявності клієнтів у черзі на обслуговування і внесе гроші у касу, як клієнт, то він негайно візьме їх назад за свою працю, як перукар. Однак вирішення завдання може ускладнитися, якщо запровадити умову сплати податку. Формально Рассел такої умови не згадав. Але можна завжди ухилитися від податку за самого себе, якщо

голитися у режимі очікування клієнта. Ще більш надійний шлях ухилення від сплати податку можна реалізувати, коли голитися у режимі відновлення системи, зокрема, у процесах ремонту та технічного обслуговування обладнання. У цьому випадку перукарня матиме наступний режимний стан факторів для самовідновлення системи .

$$BTC_3 = \{[П \circ I \circ C \circ (K=\emptyset)] \rightarrow (M = \emptyset ; \Delta M = \emptyset)\} \quad (4.14)$$

У режимі технічного догляду, ремонту або самовідновлення системи перукар виконує неосновні свої функції з обслуговування клієнтів, а лише виключно допоміжні функції у порядку технічного догляду: заточування інструменту, прибирання приміщення та очищення крісла, що входять до складу ланки «верстат». Перукар є однією з 4 ланок системи. Усі ланки повинні проходити операції технічного догляду або обслуговування на відновлення своєї працездатності. У режимі самовідновлення у системі не має бути ланки «клієнт» повністю або принаймні ця ланка тимчасово не повинна функціонувати, щоб дотримувався такий стан технічних впливів у системі:

$$K=\emptyset; M = \emptyset; \Delta M = 0 \emptyset.$$

Перукар, що голиться, не порушує цю умову технічних обслуговувань, отже система не увійшла у цей момент для реалізації робочого режиму. Окрім того, ланка *П* не залишила своєї системи. Гоління клієнтів складає функцію системи, а самостійне гоління – функцію ланки у порядку самообслуговування під час неробочого стану системи.

Множина ланок *A*, *B* і *D* можуть бути представлені відповідно до схеми «а» (рис.4.4), де *D* - жителі села, *A* - мешканці, що не голяться самотужки, *B* - жителі, що голяться самостійно.

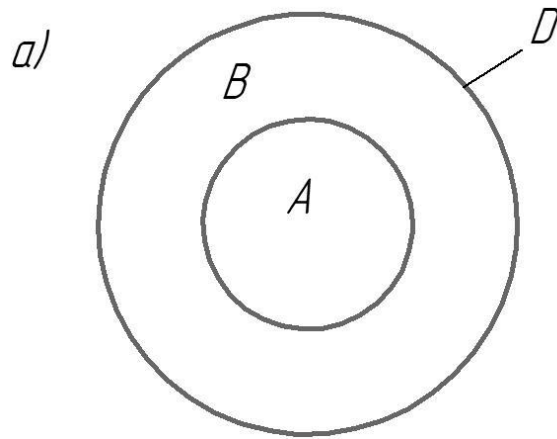


Рис. 4.4. Схема множин ланок A , B і D

4.5.3. Склад множин в антиномії Рассела

Якщо перукар Π належить множині A , то справедливе рішення згідно із формули 4.9. Але після першого гоління, перукар буде належати множині B і тому справедливо протилежне твердження за формулою 4.10.

Для нівелювання такої суперечності використали принцип «теорії вирішення винахідницьких завдань», який стверджує, що якщо завдання не вирішується, то потрібно або ускладнити її умову, або посилити протиріччя технічної системи. Однак представлені множини не мають повноти ознак працездатної системи відповідно до вимоги першого технічного закону теорії вирішення винахідницьких завдань, який свідчить, що працездатна система повинна мати не менше 4 ланок. За теорією розробленої «квантової механіки біотехнічних систем», геометрична модель такої системи має вигляд трикутної піраміди (тетраедра).

Для посилення представленого технічного протиріччя системи спочатку можна помістити перукаря на межу множини A так, щоб він завжди належав одночасно множинам A і B . Для подальшого посилення парадоксу помістимо перукаря на межу множини D так, щоб він додатково і одночасно належав не тільки до множин A , B і D , але і системі перукарні у вигляді тетраедра $\PiСК$. Вимога ускладнення умов завдання виразиться у

Схема «б» показує цілком працездатну систему перукарні Рассела. Для обслуговування всіх клієнтів точка K повинна переміщуватися та відвідати всі точки у множині A'' . Для вирішення поставленого завдання стосовно технічного протиріччя системи ПІСК потрібно дочекатися моменту, при якому точка K обійде всі точки множини A'' , тобто, обслуговуватиме всіх клієнтів. Отже точка K неминуче поєднається з останньою точкою множини A'' , яку займає перукар (точка Π). Система вийде з робочого режиму $БТС_1$ (формула 4.11) до режиму очікування клієнта (формула 4.12).

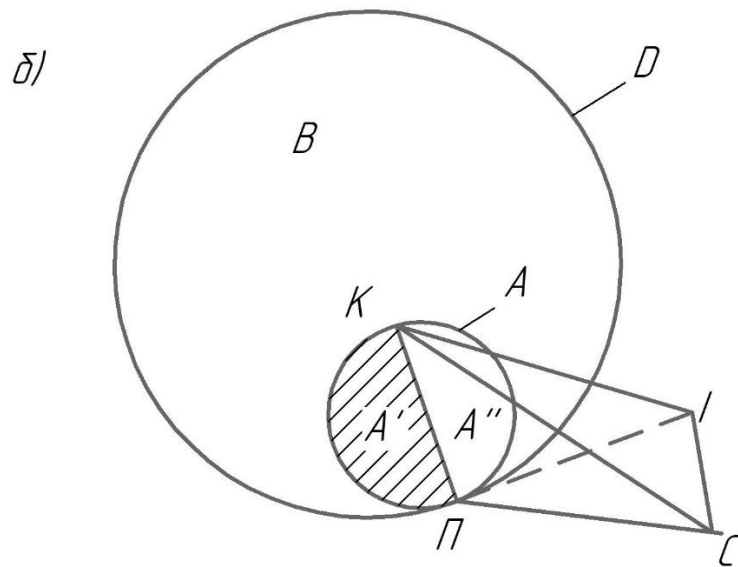


Рис. 4.5. Схема поєднанні множин Рассела з БТС перукарні

При поєднанні множин Рассела з БТС перукарні можна отримати таку систему: D – мешканці села; B - голяться самостійно; A - не голяться самостійно; A' - не голяться принципово; A'' - не голяться самостійно, лише

у перукарні; постійні клієнти K . Представлена система ланок перукарні Рассела $ПСК$ складає ланцюжок: $П$ – перукар; I – інструмент; $С$ – верстат; K – клієнт.

Стан режиму системи при очікуванні клієнта тоді представляється схемою «в» (рис.4.6); крапка сумістилася з точкою «перукар». У цьому випадку кількість клієнтів у системі не дорівнює нулю, так само як одиниці, тобто.

$$П \equiv K' = I \neq 0 \quad (4.16)$$

У результаті тетраедр $ПСК$ перетворився у трикутник $ПСІ$. Крапка K' не зникла але змінила назву на точку $П$: останній клієнт одночасно є перукарем. У точці $П = K'$ згідно із положеннями теорії винахідництва ми досягли максимальної концентрації технічних протиріч системи. Дане твердження підтверджується тим, що у точці $П = K'$ формально можливі такі події:

$$D \equiv A \equiv A' \equiv A'' \equiv B \equiv K \equiv (K' \equiv П \equiv I), \quad (4.17)$$

Так як до точки $П = K'$ примикають і в ній же сходяться всі позначені у виразі (4.17) множини. Знак $\equiv$ одночасно відображає еквівалентність подій та транзитивність цих подій (реалізація такої події, що містить або подію D , або подію A).

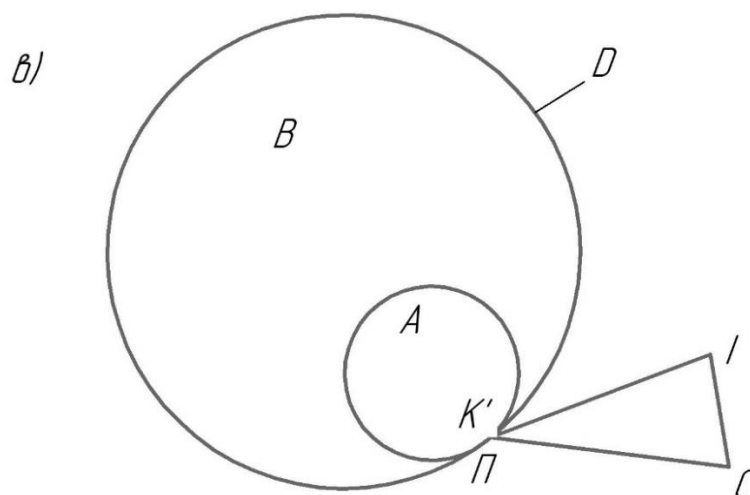


Рис. 4.6. Стан режиму системи при очікуванні клієнта

4.5.4. Геометрична модель перукарні Рассела в режимі очікування клієнта

Оскільки реально існує лише перукар Π , то всі інші події у цей момент часу для точки Π згідно аксіомі 1 принципово неможливі. Але оскільки перукар належить водночас системі гоління, тобто перукарні Рассела; то перукар може голитися, отримуючи сурогат обслуговування з одного боку, на правах останнього клієнта, що раптово злився з ним, $\Pi = K' = 1$. З іншого боку, перукар Π став ланкою вже непрацюючої системи $\Pi I C K'$ при $\Pi = K' = 1$ у режимі очікування справжнього клієнта. У цьому випадку набуває чинності принцип стану BTC_2 (очікування клієнта) або самовідновлення ланок системи у режимі BTC_3 (технічне обслуговування або ремонт ланок). Уявімо, що система BTC_2 раптово дійсно перейшла до стану BTC_3 , при якому зберігається тільки під системну взаємодію ланок через неповноту числа ланок.

Нехай перукар почне голитися та формально стане останнім клієнтом K' . У цьому випадку вступає до дії другий постулат квантової механіки біотехнічних систем, який свідчить, що при перестановці місцями ланок системи змінюється функція та продукт системи.

Нехай ланки після їх перестановки прийняли новий ієрархічний порядок, а система набуде вигляду

$$BTC_4 = \{[\Pi' \circ I \circ C \circ \Pi] \rightarrow (M = \emptyset; \Delta M = \emptyset)\}. \quad (4.18)$$

де Π' - тимчасова або постійна (колишня) ланка "оператор", що є рівноцінною останньому клієнту $K' \equiv \Pi' = 1$

Тоді система гоління може вважати перукаря як клієнта; а деякі дії, зокрема, таке як гоління самого перукаря є неможливе, тому що ланки I та C інших дій надавати неспроможні. Але, оскільки одна з ланок відсутня ($K = \emptyset$), а $K' = \Pi' = 1$; то система не може продукувати, тобто виробляти колишній товар за оплатою гоління за тарифом. Таким чином, число товару ($M = \emptyset$) дорівнює нулю, а також приріст товару не спостерігається ($\Delta M = \emptyset$).

Проте перукар може голитися відповідно до функції самовідновлення системи, що описується виразом (4.18). Принципова відмінність функцій систем BTC_1 і BTC_4 полягає у тому, що системна головна функція BTC_1 розшифровується як «платне гоління клієнтів», а підсистемна функція системи BTC_4 - як «безкоштовне самообслуговування перукаря у вигляді гоління» для самовідновлення підсистемної функції тільки ланки «оператор». У даному випадку функція проявляється у поліпшенні - санітарного стану оператора, як ланки.

Система при реалізації операції з гоління перукаря Рассела виконує не головну свою функцію, а підсистемну функцію ланки за допомогою двох ланок: I - інструмент і C - верстат. Неповна система створювати продукт не може відповідно до першого закону повноти завдання. Таким чином, *перукар може голитися навіть в умовах максимального посилення протиріч системи, у тому числі, навіть в умовах зупинки ланок в ієрархічному ланцюгу системи, тобто в умовах тимчасово зміненої системи.*

Отже перукар Рассела може голитися доти, доки він не порушить наступні умови.

За правилом транзитивності подій усередині перукарської системи Рассела згідно із аксіомою 1: у режимі BTC_3 система не створює продукту, тоді перукар може голитися.

За правилом працездатності системи та згідно із 1 технічним законом теорії розв'язання винахідницьких завдань: за відсутності ланки «клієнт» система непрацездатна та не може виконувати своєї головної корисної функції (ГКФ), тобто нездатна створити продукт. Тоді перукар може голитися, тому що він є клієнтом, а система не створює продукт.

За першим принципом – ієрархії системи та згідно із формули (4.11) ланки ієрархічно пов'язані у порядку

$$P \circ I \circ C \circ K \quad (4.19)$$

Оскільки у режимі BTC_3 має місце ознака $K = \emptyset$, то перукар не може

стати клієнтом, бо інакше він нівелювався як складова системи. Тому є справедливим висновок про те, що перукар одночасно не може перетворитися на нуль і не може бути клієнтом.

$$T: [\Pi \neq (K = \emptyset)] = 1, \quad (4.20)$$

Згідно із першим законом «квантової механіки систем» про несумісність ролей ланок впливає, що перукар принципово не може ніколи виконувати одночасно дві ролі: оператора (Π) та клієнта (K).

Для того, щоб не порушити перший постулат «квантової механіки систем», необхідно уточнити властивості елементів системи: «продукт» та «функцію». Функція голитися не є товарним продуктом системи. Продуктом є або загальний еквівалент продуктів у вигляді грошей, або інший еквівалент у вигляді бартеру. Тому є справедливим висновок, що функція (f) системи не є продуктом, особливо неіснуючим ($M = \emptyset$), тобто

$$T: [f \neq (M = \emptyset)] = i \quad (4.21)$$

За другим постулатом про перестановку ланок у ієрархічному ланцюзі можна представити, що в умовах перукарні Рассела у принципі можлива перестановка місцями перукаря та клієнта. Але оскільки у режимі BTC_E технічного догляду клієнт ($K = \emptyset$) відсутній, то перукар не може перетворитися на нуль, підмінюючи себе неіснуючим клієнтом.

Оскільки перукар Рассела неспроможний порушити аксіому 1 про транзитивність подій усередині системи; то всередині не тільки перукарні він не може порушити транзитивність подій, але і всередині іншої системи, до якої він належить. Так він може бути одним із мешканців села, які не голяться самі. Коли він не голиться сам, він належить до тих, хто не голиться самостійно. Коли перукар сам голиться, то він належить до зовсім іншої системи, усередині якої самостійне гоління має зовсім іншу функцію: технічне обслуговування та догляд за ланкою (Π), а чи не головною функцією системи, тобто, голінням клієнта (K), якою він у принципі не може володіти, не порушуючи законів системи. Отже, стосовно можливості

нівелювання ланки «перукар»: він завжди може голити себе, тому що як ланка (Π) системи при здійсненні процесу самостійного голення є неспроможний перетворитися на відсутнього клієнта, тобто, в нуль:

$$T: [\Pi \neq (K = \emptyset)] = 1. \quad (4.22)$$

Завдання має єдину відповідь, отже завдання вирішене: перукар Рассела може голитися. Тим не менш, відповідь не є ідеальною, тому що при голенні перукар отримує те ж обслуговування, що і клієнт, отже він хоча б тимчасово виконує роль клієнта.

Проте другий постулат квантової механіки систем стверджує, що з перестановкою ланок змінюється функція та продукт системи, тобто тимчасово змінюється функція самої системи. Аксиома 1 стверджує, що такий стан не збігається за часом з робітником. Перукар змінив як час, так і місце події (перейшов у крісло), але у зміненій системі на час та місце події за умовою завдання не поширюються ніякі обмеження. Наприклад, не обмежено час, місце та стан системи; основні режими функціонування системи: очікування клієнта, роботи, технічного обслуговування та догляду. Отже, немає логіко-математичних висновків, які ставлять під сумнів єдиний можливий результат: розв'язання задачі-антиномії Рассела 1902 р. Тому відповідно до змісту виразів формул (4.18) та (4.22) перукар Рассела може голитися, а також результат виконання завдання виявився єдиним; то антиномія Рассела 1902 року є розв'язаною.

4.5.5. Висновки до вирішення антиномії Рассела 1902 року

1. Умова антиномії Рассела внутрішньо не суперечлива і не є софізмом, що свідчить про те, що моделювання умови було є адекватним.
2. Основа парадоксу Рассела є дискримінація клієнтів, що голяться самостійно; тому помилками у спробах розв'язання задачі попередніми дослідниками були перенесення ролей однієї ланки системи (перукар) на

іншу ланку (клієнт), чим порушувався невідомий раніше науці перший закон розробленої «квантової механіки біотехнічних систем» про несумісність ролей ланок.

3. Ключом до вирішення антиномії Рассела виявився синтез моделі даної системи за формою мінімальної, тобто чотириланкової математичної моделі працездатної системи. Синтез такої моделі виключає перенесення ролей ланок або перестановку ланок усередині системи та встановлює обмеження щодо транзитивності подій.

4. Гоління клієнтів є головною функцією системи, а самостійне голення перукарем – допоміжною або підсистемною функцією ланки (*П*). Функція системи [4] не зводиться до функції будь-якої ланки, тому що дані функції у принципі не можуть бути еквівалентними, отже перукар Рассела може голитися сам завжди, не порушуючи закони системи.

5. Наше рішення антиномії Рассела має єдину відповідь, отже "антиномія Рассела 1902" вперше у світі вирішено нами на основі теоретичних положень розробленої «квантової механіки біотехнічних систем».

Розділ 5. Моделювання біотехнічних систем при використанні теорії надійності

5.1. Оцінка зовнішніх параметрів середовищ в умовах харчових і переробних виробництв

5.1.1. Основні чинники, що зменшують параметри надійності процесів і обладнання для переробки сільськогосподарської сировини

За механізмом реалізації серед негативних чинників харчового та переробного виробництва можна відзначити механічні та фізико-механічні, фізичні та фізико-хімічні, хімічні та мікробіологічні. За складом зовнішніх середовищ, що істотно впливають на зміну властивостей харчової сировини, напівфабрикатів та продукції у процесі їх переробки та зберігання; можна мінеральні та органічні. Перша група містить, як правило, дисперсні системи, у яких дисперсійне середовище складають водяні розчини мінеральних кислот; а дисперсну фазу створюють механічні домішки, іони металів та неметалів та інші складові, що розподіляються у вказаному суцільному середовищі. Органічну групу складають різноманітні вуглецевмісні сполуки рослинного і тваринного походження, які також розміщуються у певних рідких або газовидних суцільних середовищах.

Очевидно, що такі середовища створюють лужний або кислотний хімічний вплив, мають певний електродинамічний потенціал, реалізують механічну, гідро- та пневмодинамічну дію як на об'єкт обробки, так і на робочі ємкості, матеріал робочих інструментів машин та апаратів, приміщення та мікроклімат у зонах переробки та зберігання харчової сировини та готової продукції. Такій зовнішній дії підлягають і процеси, що безпосередньо формують технології харчового та переробного виробництва; а саме, впливають на перебіг гідравлічного та пневматичного транспортування, миття сировини; процесів гідролізу, екстрагування,

фільтрації, розчинення під дією мінеральних кислот (HCl , H_2SO_4 , H_2SO_3), лугів, хлоридів, водяних розчинів аміаку, спирту. Моделюючи такий зовнішній вплив, доцільно його звести до 4 основних факторів, що показані на рисунку 5.1.



Рис. 5.1. Основні негативні чинники харчового та переробного виробництва



Рис.5.2. Енергетичні складові реалізації негативних чинників виробництва

Враховуючи енергетичну основу реалізації даних чинників, можна відзначити різноманітність фізичних процесів, які ними викликаються (рис.5.2). Найбільш істотний вплив на біотехнічні системи виявляють процеси зношування (рис.5.3) та корозії (рис.5.4).

Механічне – внаслідок механічних впливів
Корозійно-механічне – у результаті хімічної або електричної взаємодії матеріалу з середовищем
Абразивне-механічне - у результаті переважно ріжучої дії на матеріал твердих абразивних часток
Ерозійне-механічне - внаслідок дії потоку рідини або газу.
Гідро- або газоабразивне - внаслідок дії твердих часток, завислих у рідині (газі), які переміщуються відносно зношуваного тіла.
Втомлювальне – у результаті циклічного деформування мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару
Кавітаційне – внаслідок створення місцевого підвищення тиску і температури
Зношування при заїданні внаслідок схоплювання, глибинного виривання матеріалу, переносу його з однієї поверхні тертя на іншу і дії утворених нерівностей на сполучену поверхню.
Окислювальне - при якому основний вплив на його протікання й інтенсивність забезпечує хімічна реакція матеріалу з киснем або навколишнім середовищем
Зношування при фретингу – механічне зношування сполучених тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.
Зношування при фретинг-корозії – корозійно-механічне зношування сполучених тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.
Електроерозійне – ерозійне зношування поверхні внаслідок дії на неї розрядів при проходженні електричного струму.

Рис. 5.3. Основні механічні та фізико-механічні процеси зношування



Рис. 5.4. Основні корозійні процеси у біотехнічних системах

У результаті виникають несправності, їх накопичення та відмова основних об'єктів виробництва, після чого подальша їх експлуатація є або технічно неможливою, або економічно недоцільною, або небезпечною для працівників та навколишнього середовища.

5.1.2. Бурякоцукрові переробні виробництва

Технологічні середовища цукропереробного відділення є нейтральними чи слабнокислими (рН 6...7), серед яких можна виділити ставкова або річкова, барометрична, транспортерно – мийна води, дифузійний сік, які містять різну кількість сухих речовин у твердому і солей у розчиненому стані з робочою температурою у межах до 15...45 °С. Дифузійний сік містить майже всі нецукри, тобто азотисті, пектинові та інші сполуки, що мають температуру 40...45 °С та рН = 6,0...6,5.

Середовища сокоочищувального відділення складаються із вапняного молока і фільтрпресового бруду, дефекованого і сатурованого соків із зваженими частинками гідроокису кальцію, окису кремнію, алюмінію,

15...17 % цукрів, значної кількості нецукрів; що мають підвищену лужність (рН 8...14), температуру 65...95 °С [39, 40].

Середовища *продуктового* відділення становлять утфелі й афінаційна маса, що містять до 40...70 % кристалізованого цукру; патоки, що містять 50...60 % розчиненої цукрози і до 30 % нецукрів. Дані складові є слаболужними (рН 8...9) та мають температуру у межах 40...85 °С [40, 41].

Цукроза, що складає один із основних компонентів багатьох технологічних середовищ бурякоцукрового виробництва, значною мірою підвищує густину, в'язкість, знижує хімічну активність технологічного середовища. Гідроерозія вуглецевої сталі у розчинах цукрози має підвищену тривалість інкубаційного періоду, тобто час до початку руйнування, характеризується більшою швидкістю крихкого руйнування, яка підвищується зі збільшенням концентрації цукрози.

Більша частина розчинів з цукрозою підвищує механічний вплив рідини на метали при гідроерозії, що обумовлене підвищенням інтенсивності крихкого руйнування сталі та мідних сплавів. Завдяки своїм інгібіруючим властивостям цукрози, для чавунів характерне зменшення втрат маси з підвищенням концентрації цукрози у розчині. Дослідження у виробничих умовах зносостійкості металів у лужних середовищах виявили, що в умовах фільтрованого дифузійного соку першої сатурації з величиною рН 10,5...11 найбільшу стійкість має загартована сталь і відбілений чавун [40].

Інтенсивне гідроабразивне руйнування насосів для перекачування вапняного молока обумовлене наявністю у ньому великої кількості твердих часток, зокрема, окислів алюмінію, заліза, кремнію. Гідроерозійна та гідроабразивна стійкість металів у даному середовищі визначається лише їх міцнісними характеристиками, тому найменш стійкими виявились такі метали, як бронза та чавуни, а найбільш стійкими – загартована сталь та відбілений чавун.

Представлені складові середовищ характеризуються складним комплексом розчинних і нерозчинних сухих речовин, що обумовлює перебіг та інтенсифікацію електрохімічних корозійних процесів, ерозійного та гідроабразивного зношування виконавчих органів машин та робочих ємкостей, процесів адсорбційного пластифікування контактуючих поверхонь тертя.

Найбільш ненадійними у технологічній лінії бурякоцукрового виробництва являються дифузійні апарати, привод, транспортна система та вузли вивантаження жому. Середній наробіток на відмову для даного обладнання складав від 72 до 800 год. Кількість вимушених зупинок внаслідок виходу з ладу обладнання ділянки очистки соку перевищила в 2,2...4,0 рази простої через відмови іншого обладнання, що пояснюється умовами дії слабокислих та кислих технологічних середовищ. Соломопастки, каменепастки, бурякомийні машини, бурякоелеватори експлуатуються у транспортерно – мийних водах, що містять окисли алюмінію, заліза, кремнію, частки кварцевого піску, кварцитів, що приводить до інтенсивного корозійно-механічного зношування. Інтенсивному абразивному та корозійному зношуванню піддаються деталі насосів, зокрема, що перекачують у вапняне молоко.

5.1.3. Олієжирові виробництва

У соняшнику міститься 24...30 % жиру, що є поєднанням складних ефірів або гліцеридів, триатомних спиртів, гліцерину і високомолекулярних ефірних кислот, а саме, стеаринової, пальметинової, олеїнової, лінолевої, що обумовлюють адсорбуючий вплив з подальшим корозійним зношуванням.

У даних виробництвах прослідковується істотна негативна дія при контакті з продуктами переробки, зокрема, у зеєрній камері шнекового преса для відтискування насіння соняшника на олію, скребки, зеєрні пластини і ножі, конуса, шнеки інтенсивно зношуються в умовах значних

тисків при контакті з мезгою й олією. Напружений стан у поверхневому шарі цих деталей виникає внаслідок дії напружень, створюваних дією нормальної сили та тангенційних розтягувальних напружень на поверхні даних деталей, які обумовлені силою тертя шроту при його гвинтовому переміщенні. У результаті поверхневий шар деталей зерного тракту порівняно легко диспергується, а відокремлені частинки металу виносяться масою шроту. Вільні жирні кислоти інтенсивно хімічно взаємодіють з металевими поверхнями, що посилюється абразивною дією мінеральних домішок, які потрапили у шрот, або твердих часток шроту за впливу поверхнево-активних речовин.

5.1.4. М'ясопереробні виробництва

Для даного виробництва значному зношуванню піддаються деталі робочих органів обладнання для різання, дроблення, розмелювання, перемішування, зокрема, вовчкові емульсифікатори, машини для розрубання голів, дробарки, шпигорізки, змішувачі, які не мають безпосереднього контакту між собою і контактують лише з продуктами, які переробляються.

М'язова тканина як основа даних продуктів у своєму складі містить білки (близько 80 % сухого залишку), різні екстрактивні і мінеральні речовини, вуглеводні, вітаміни, ферменти. Після 2...3 діб зберігання у даній тканині також утворюється молочна кислота, у результаті чого водневий показник рН м'яса знижується до величин 5,6...5,4. Основні елементи жирової тканини, ліпіди складаються із значної кількості жирних кислот, а саме олеїнової (35...45 %), пальметинової (24...29 %), стеаринової (11...23 %), лінолевої (1...10 %), що характеризуються високою поверхневою активністю. Окрім того, м'язи різних тварин містять 0,8...2 % жиру, а печінка – 1,5...5 % [39, 41].

Дані деталі витримують значні навантаження, у робочу зону іноді потрапляють частки кісток, що додатково інтенсифікується впливом

поверхнево-активних речовин м'ясожирового середовищі. Високий ступінь пластифікування поверхневих шарів за такої дії викликає інтенсифікацію електрохімічних і корозійних процесів на поверхнях тертя, а саме, зміну швидкості і характеру утворення плівок вторинних структур з подальшим руйнуванням сполучення.

Таким чином, технологічні середовища на м'ясопереробних підприємствах є агресивними і містять значну кількість поверхнево-активних кислот, частина з яких знаходиться у вільному стані. Такий стан можна характеризувати адсорбційним зниженням міцності.

5.1.5. Молокопереробні виробництва

У складі молокопродуктів можна відзначити органічні кислоти, зокрема, щавлева, оцтова, молочна, лимонна; мінеральні речовини, що містяться у солях неорганічних та органічних кислот; а також мікроелементи і мікроорганізми.

За результатами технологічного процесу переробки молока та молочних продуктів отримуються три класи речовини:

1. основна продукція у вигляді пастеризованого і стерилізованого молока, вершків, масла, сметани, кисломолочних продуктів, сирів, молочного цукру, казеїну, альбуміну тощо;
2. технологічні водяні розчини, а саме, ропи, холодна і гаряча вода, пара;
3. неорганічні та органічні мийні та очищувальні засоби для санітарної обробки устаткування, наприклад, їдкі луги, кальцинована сода, фосфати, силікати; азотна, сірчана, соляна та фосфорна кислоти.

З підвищенням температури агресивність представлених компонентів та середовищ істотно змінюється: рН середовищ зменшується на 1...2 одиниці, електропровідність при 80 °С понад вдвічі перевищує її значення при 20 °С. Встановлено, що з підвищенням температури від 20 до 80 °С при перемішуванні електропровідність рідких технологічних середовищ

молочної промисловості значно підвищується, що визначає зростання швидкості корозії при зношуванні.

Традиційно для даних виробництв використовують корозійностійкі леговані сталі 20Х13, 30ХІЗ, 08Х17Т, 12Х18Н9, 12Х18Н10, І2ХІ8Н10Т, які при відносно високій стійкості до загальної корозії з часом піддаються місцевим корозійним руйнуванням, особливо в місцях локалізації високошвидкісних потоків, що інтенсифікуються при постійному використанні мийних засобів. За дослідженнями О.Новицького встановлено, що швидкість корозійного руйнування даних матеріалів у технологічних середовищах складає, зокрема, у дистильованій воді – 0,27, у питній – 0,30, у жорсткій – 0,35, в артезіанській – 0,44, у річковій – 0,64 мм/рік [41, 42].

При виборі металів деталей пар тертя, що контактують із технологічними середовищами, необхідно враховувати їхню електрохімічну сумісність в умовах впливу сильних електролітів. При швидкостях ковзання менших 1 м/с і нормальному тиску до 0,1 МПа, у вузлах тертя доцільно використовувати полімерні матеріали (наприклад, фторопласт, капрон) у парі з легованою нержавіючою сталлю (наприклад, 20Х13, 20Х17Н2). При більш високих навантаженнях високі характеристики показала пара сталь 45 – сплав І30Х15М2, що була термічно оброблена до HRC 50 - 55. Деталі вузлу притискання носіїв автомата розливу молока у пакети, для якого притаманно періодичні механічні напруження за відсутності мастильного середовища, ефективно виконувати з металофторопласту у парі зі сталлю 40Х13, що підлягала до термообробки для досягнення твердості HRC 52-56 [40, 41].

Основним видом зношування молокопереробного обладнання є корозійно-механічне, що у багатьох випадках супроводжується окисленням, втомою, гідроабразивним ураженням, особливо при контакті з рідкими технологічними середовищами, тобто у системі метал - середовище. До

таких деталей відносяться деталі різальних органів подрібнювачів сиру і сирної маси, деталі мішалок, сопла миючих пристроїв та інші деталі технологічного і допоміжного обладнання. Заміна на сирних пресах повзунів із силуміну на антифрикційний полімерний матеріал дозволили значно зменшити інтенсивність корозійно-механічного зношування, що було доведено в умовах Пирятинського сирзаводу.

При виборі металів деталей пар тертя, що контактують із технологічними середовищами, необхідно враховувати їхню електрохімічну сумісність в умовах впливу сильних електролітів. При швидкостях ковзання менших 1 м/с і нормальному тиску до 0,1 МПа, у вузлах тертя доцільно використовувати полімерні матеріали (наприклад, фторопласт, капрон) у парі з легованою нержавіючою сталлю (наприклад, 20X13, 20X17H2). При більш високих навантаженнях кращої виявилась пара сталь 45 – сплав 130X15M2 (термоброблені до HRC 50-55). При періодичному механічному впливі і за відсутності мастильного середовища (наприклад вузол притискання носіїв автомата розливу молока в пакети) доцільно застосувати композиційний матеріал (наприклад, металофторопласт) у парі зі сталлю 40X13 (HRC 52-56) [39].

5.1.6. Хлібопекарські виробництва

У даних виробництвах основними технологічними середовищами рідкі дріжджі і затори, заквашені термофільні молочнокислі бактерії, житні закваски, житнє тісто, опара і тісто з пшеничного борошна, добавки. У процесі розвитку дріжджів і деяких бактерій утворюються і накопичуються в значних кількостях продукти бродіння: етиловий спирт і складні ефіри, а також органічні кислоти - молочна, оцтова, пропіонова, яблучна, винна, лимонна, мурашина, щавлева тощо. З усіх кислот основну роль у зношуванні відіграють молочна та оцтова, які забезпечують до 90 % кислотності хлібних напівфабрикатів. Найбільш агресивне тісто

виготовляється з житнього борошна.

Тістові напівфабрикати містять переважно цукор, патоку, солод, до 2,5 % солі, до 2,5 % рослинної олії, що істотно впливає на поверхневу активність напівфабрикатів; що характеризується величиною рН у межах 6,0...4,2 [40, 41].

Такі середовища являють собою електроліти та розсоли, що містять поверхнево-активні речовини; забезпечуючи ефективність перебігу хімічних та електрохімічних реакцій за адсорбційного полегшення деформацій на поверхнях контакту.

5.1.7. Крохмале-патокові виробництва

Основним процесом виробництва патоки, крохмалю, глюкози є гідроліз полісахаридів, який здійснюється з використанням у якості каталізаторів сірчаної та соляної кислот з концентраціями 0,15...1,5 %.

У виробництві крохмалю з кукурудзи у воду, що має температуру 46...56 °С, для замочування зерна додається 0,25...0,3 % сірчаної кислоти. Замочене зерно, що має величину рН=4, двічі послідовно проходить подрібнення, перетворюючись в кашку з відділенням зародку. Після промивання зародків виділяється крохмальне молоко, що містить близько 37 % сухих речовин, яке має температуру 45 °С і рН 3,8...4,3 [39, 40]. При цьому гідротранспортерна і промивна вода містять значну кількість абразивних часток, що зумовлює інтенсивне корозійно-механічне зношування обладнання крохмально–патокового виробництва.

5.2. Основи теорії надійності

5.2.1. Стани технічної або біотехнічної системи

Оцінку технічної або біотехнічної системи за теорією надійності провадять за її ресурсом або часом роботоздатного стану (рис.5.5), протягом якого система виконує свої функції, виходячи із технічних, економічних або

безпекових міркувань (рис.5.6).

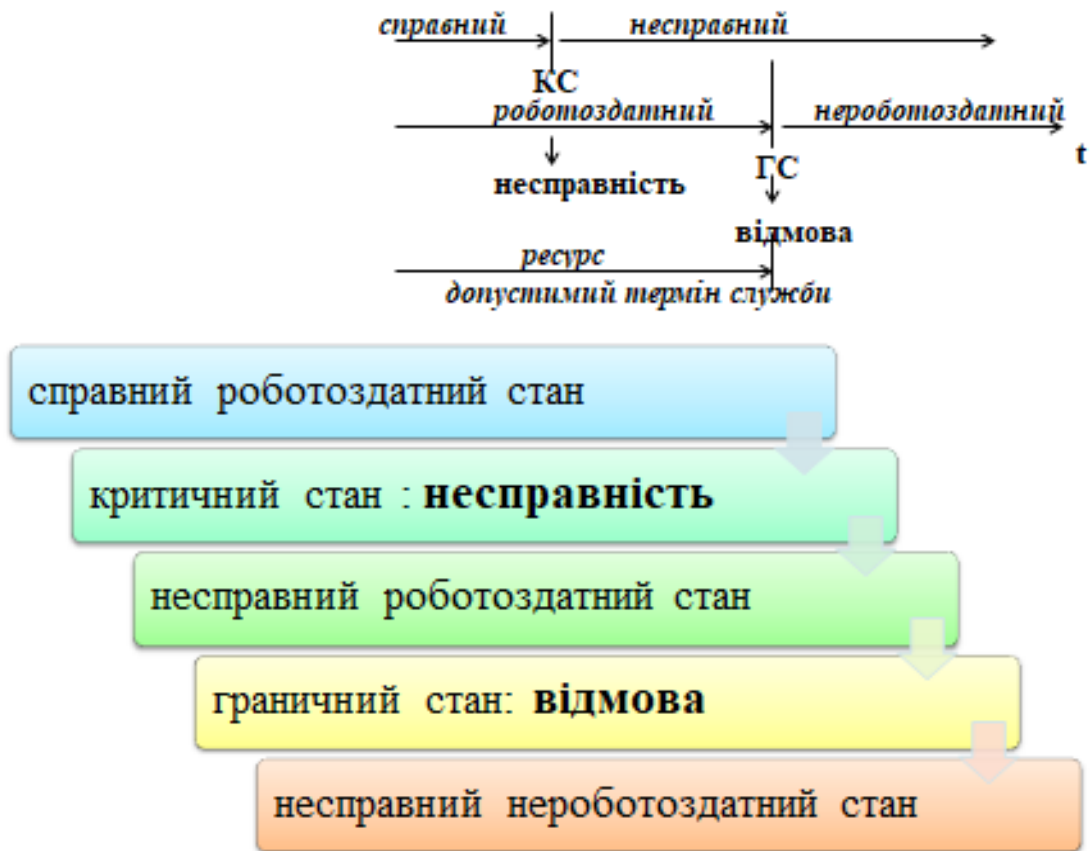


Рис.5.5. Основні стани технічної системи

Представлені стани технічних систем у теорії подібності розглядаються як події, реалізація яких відбувається з певною ймовірністю. Дане припущення дозволяє моделювати технічні або біотехнічні системи при застосуванні законів та закономірностей теорії ймовірностей.

Оцінка надійності технічних та технологічних систем є достатньо складною багатоваріантною задачею, вважаючи на різноманітні комбінації як їх структурних складових, так і зовнішніх чинників впливу в умовах харчових і переробних виробництв, тому при визначенні показників надійності таких систем використовували наступні принципи:

- розробляється структурна схема надійності системи, розбиваючи її елементи на групи за паралельним або послідовним

сполученням; визначаються її показники з врахуванням взаємного впливу всіх, без винятку, елементів системи, тобто здійснюється повна оцінка технічного стану системи;

Справний стан або справність	• за яким об'єкт здатний виконувати усі покладені на нього функції
Несправний стан або несправність	• за яким об'єкт не здатний виконувати хоча б одну із покладених на нього функцій
Працездатний стан або працездатність	• характеризується здатністю об'єкта виконувати усі основні функції
Непрацездатний стан або непрацездатність	• за яким об'єкт нездатний виконувати хоча б одну з основних функцій
Критичний стан: несправність	• Характеризує виход за межі допустимих хоча б одного параметру, як основного, так і другорядного
Граничний стан: відмова	• за яким подальша експлуатація об'єкта або відновлення його працездатності неможливі за технічних міркувань: гранично зношені усі базові вузли і деталі • за яким подальша експлуатація об'єкта або відновлення його працездатності недоцільні за економічних міркувань • за яким подальша експлуатація об'єкта або відновлення його працездатності неприпустимі за вимогами техніки безпеки або охорони навколишнього середовища

Рис.5.6. Характеристика основних станів технічної системи

- використовуючи дані про критичний рівень показників надійності елементів за критеріями оцінки характеристик теорії ймовірностей та надійності, визначили структурні елементи, що мають низьку надійність, яка є визначальною для системи в цілому;
- надійність системи перераховуємо за показниками елементів з мінімальною надійністю;
- передбачаємо організаційно-технологічні та технічні заходи для підвищення надійності найбільш вразливих структурних ланок та розраховуємо надійність системи за визначальними елементами.

Враховуючи структурну складність технічних та біотехнічних систем харчових і переробних виробництв, при визначенні показників надійності доцільно окремо провадити розрахунок підсистем, що відзначаються більш простими сполученнями. Серед таких підсистем досліджуваної біотехнічної системи можна відзначені послідовні, паралельні та комбіновані.

5.2.2. Моделювання послідовних систем

Послідовні системи складаються з елементів, які сполучені та відповідно функціонують послідовно. Прикладом такої системи може бути технологічні лінії або її окремі розгалуження; приводні або передаточні механізми, що здатні поступово змінювати та передавати енергію до робочих органів машини (рис. 5.7).

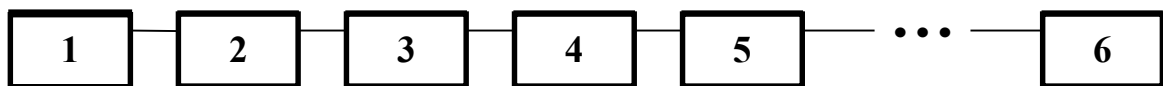


Рис. 5.7. Послідовна система елементів приводного механізму: 1 – двигун; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – запобіжна муфта; 5 – i -ий елемент системи; 6 – кінцевий (виконавчий) елемент системи

Приймаємо, що $P(t)$ є загальна ймовірність безвідмовної роботи системи, а $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_i(t)$, $P_n(t)$ – ймовірності безвідмовної роботи 1-го, 2-го, i -го, n -го компоненту системи. За теорією ймовірності одночасна реалізація певних подій відповідає добутку ймовірностей їх здійснення. Тоді очевидно, що у послідовних системах (рис.5.7) відмова будь-якого зі складових елементів призводить до відмови всієї системи, то умовою надійної роботи системи є одночасна реалізація подій, які визначають безвідмовну експлуатацію окремих її компонентів. Тому ймовірність безвідмовної роботи системи в цьому випадку визначається добутком ймовірностей безвідмовної роботи складових елементів [40, 41]:

$$P(t) = P_1(t) \cdot \dots \cdot P_2(t) \cdot P_i(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) \quad (5.1)$$

Якщо ймовірності $P_1(t) = P_2(t) = P_i(t) = P_n(t)$, то загальна ймовірність

безвідмовної роботи становить

$$P(t) = P_i^n(t) \quad (5.2)$$

Таким чином, для послідовного сполучення елементів системи при збільшенні кількості складових елементів зменшується загальна надійність всієї системи.

5.2.3. Оцінка резервованих біотехнічних систем

Проектування будь-якого технічного об'єкта передбачає обґрунтування та вибір конструкції, яка б мала максимальну надійність. У той же час, складні системи, що притаманні харчовим виробництвам, містять достатньо високу кількість складових елементів, зростання яких знижує загальну надійність системи. При цьому ймовірність відмови окремих компонентів системи підвищується, що може призвести до невиконання об'єктами будь-якої з покладених на нього функцій. Разом з тим, менша кількість складових хоча і підвищує загальну надійність системи, але й зменшує її функціонал та технологічну гнучкість.

Другим шляхом підвищення надійності складної системи є використання високонадійних елементів, зміна конструкції і принципу дії об'єкта. Реалізація таких можливостей, як правило, вимагає значних матеріальних витрат, пошуку та реалізації технічних рішень, що також потребує нових витрат праці, обґрунтовуючи економічну недоцільність такого шляху.

Для розв'язання такої проблеми виявляється ефективним застосування методу підвищення надійності системи внаслідок введення *надмірної* кількості її елементів, тобто *резервування*. Залежно від об'єкту у сучасних виробничих процесах застосовують структурне, функціональне, інформаційне, погодинне та інші способи резервування.

Структурне резервування (рис.5.8) передбачає введення надмірної кількості структурних елементів системи, які можуть виконувати робочі

функції паралельно основним у певний період або на протязі всього терміну функціонування об'єкта. *Функціональне резервування* реалізує універсальність та технологічну гнучкість компонентів системи, коли різні об'єкти або підсистеми виконують близькі функції. *Інформаційне резервування* передбачає інформаційне насичення виробничого процесу, тобто пов'язане з використанням надмірної інформації; що дає можливість компенсації втрати інформації за рахунок її повторення, при передачі інформації запасним каналом, для перевірки достовірності інформації. *Погодинне резервування* передбачає використання надмірного часу, компенсуючи перерви у роботі об'єкта при відмові певного елемента; для підтримання безперервності технологічного процесу завдяки введенню резервних підсистем, акумуляторних ємностей, використання додаткових сховищ сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

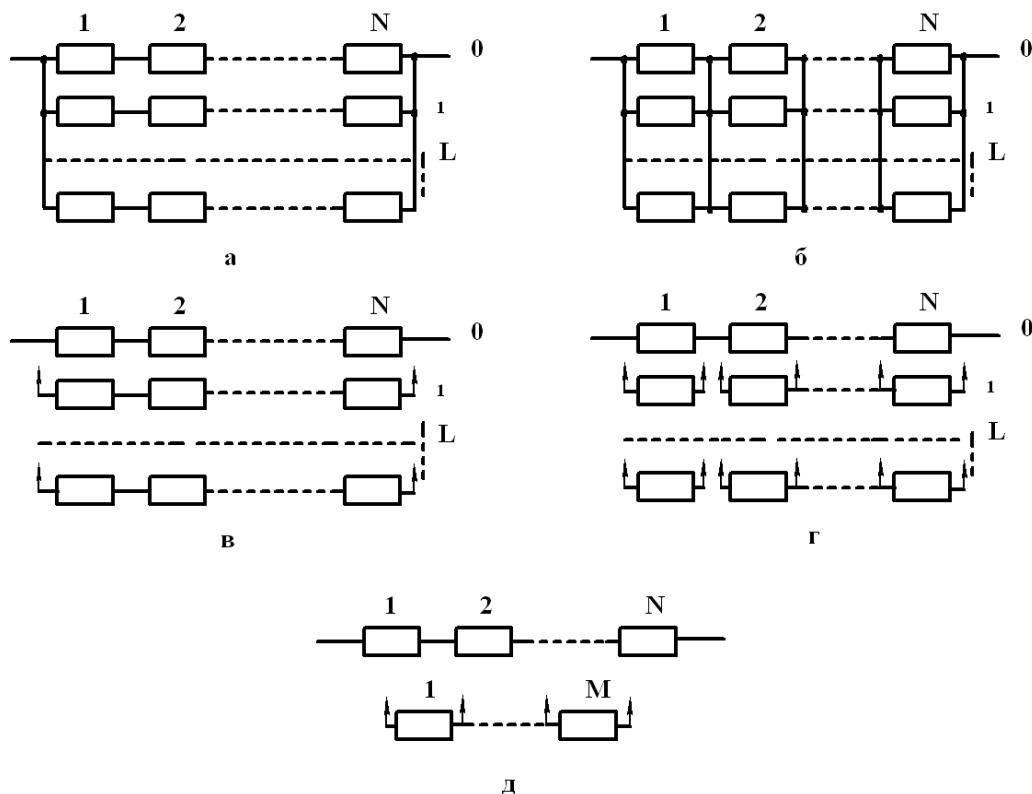


Рис. 5.8. Схеми систем із заміщувальними резервними елементами: а – система загального постійного резервування; б – система поелементного постійного резервування; в – система загального заміщувального резервування; г – система поелементного заміщувального резервування; д – система ковзного заміщувального резервування

У залежності від режиму функціонування та особливостей під'єднання до основної системи резервних елементів розрізняють такі їх види (рис.5.9):

- *навантажений або теплий*, коли резервний елемент експлуатується за полегшених робочих режимів паралельно основному компоненту та вмикаються до повністю навантаженого робочого режиму після відмови працюючого основного елементу;
- *ненавантажений або холодний*, коли резервні елементи спочатку взагалі не використовуються у роботі системи та вмикаються до експлуатаційного режиму лише після відмови працюючого основного елементу.

Резервування, як метод підвищення надійності, є достатньо розповсюдженим у транспортних та енергетичних системах, які забезпечують безпеку людей; у безперервно функціонуючих системах, відмова яких може привести до істотного зменшення якісних і кількісних характеристик вироблених продуктів, виникнення побічних негативних ефектів. Прикладом таких систем у харчових технологіях можуть бути резервні лінії подачі технологічних рідин, резервні місткості, резервні елементи у засобах автоматизації, окремі ланки в лініях переробки продуктів і навіть повністю резервні технологічні лінії даного виробництва.

Очевидно, що при застосуванні холодного резервного елементу (рис. 5.9, б) наробіток завжди є більшим, ніж при навантаженому резервуванні, що підвищує надійність такої системи.

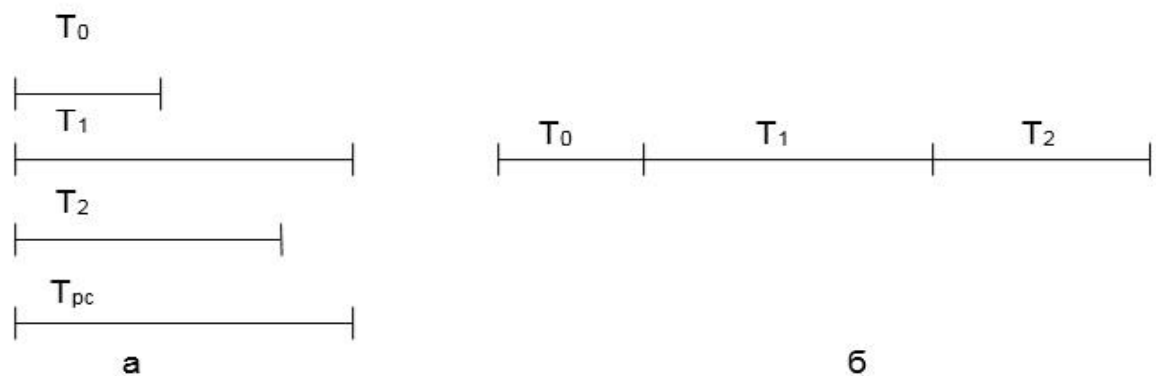


Рис. 5.9. Наробіток до відмови T_{pc} резервної системи, що складається з трьох пристроїв: основного T_0 і двох резервних T_1 і T_2 пристроїв; при навантаженому (а) і ненавантаженому (б) резервних елементів

Відмова резервованих систем (рис. 5.8, а, б) настає лише тоді, коли відмовляють усі $(L+1)$ систем; після відмови $(L+1)$ елементів (рис. 5.8, в, г) настання відмови загальної відбувається після відмови компонентів, що належать до однієї з N резервних груп. Відмова системи за ковзного резервування (рис. 5.8, д) реалізується лише тоді, коли кількість основних елементів, що відмовили, перевищить кількість резервних. У системах автоматичного керування процесами харчової технології є доцільним використовувати поелементне заміщувальне резервування з ненавантаженим резервним елементом (рис. 5.8, г).

Для оцінки резервованих систем набуває важливості співвідношення між кількістю резервних і основних елементів, що називають *кратністю резервування*:

$$k = (n - r) / r, \quad (5.3)$$

де n – кількість однотипних елементів; r – кількість працюючих елементів, які необхідні для ефективного функціонування системи.

Зменшення кратності резервування k може бути цілим, якщо $r=1$, та дробовим, якщо $r>1$. Коли даний показник є дробовим, тобто при $k = m/l$

для нормальної роботи системи потрібно не менше m -елементів, а кількість резервних компонентів дорівнює l .

5.2.4. Моделювання паралельних систем

Паралельне з'єднання компонентів системи передбачає їх сполучення у незалежні один від одного замкнені контури (рис.5.10), тобто мають непрямі взаємозв'язки. Прикладом такого сполучення можуть бути системи з паралельно функціонуючими резервними елементами, запобіжні системи з дублюючими контурами підсистем, технологічні лінії з паралельними гілками для підвищення загальної продуктивності виробництва, системи з паралельними заміщувальними підсистемами (рис.5.8).

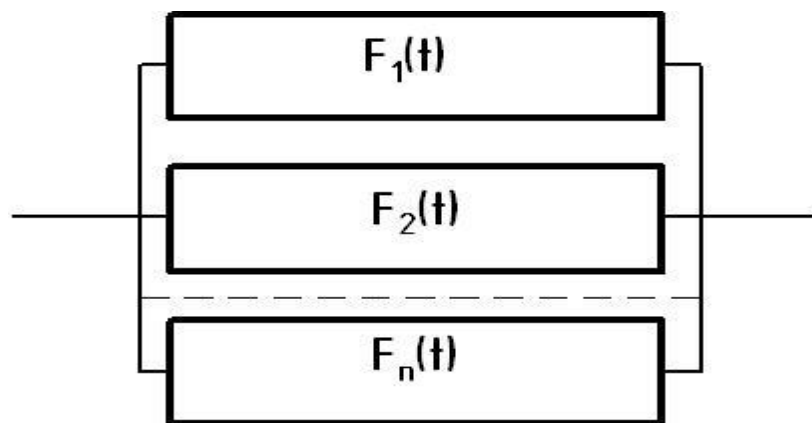


Рис. 5.10. Схема системи з паралельним сполученням компонентів

Приймаємо, що $F(t)$ є загальна ймовірність відмови системи, а $F_1(t)$, $F_2(t)$, $F_i(t)$, $F_n(t)$ – ймовірності відмови 1-го, 2-го, i -го, n -го компоненту системи. Використовуючи правило добутку ймовірностей, є справедливим, що у паралельних системах (рис.5.10) тільки одночасна відмова всіх складових елементів призводить до відмови всієї системи. Тому загальна ймовірність відмови системи складає [40, 41]:

$$F(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_i(t) \cdot \dots \cdot F(t) \cdot \dots \cdot F(t) = \prod_1^n F_i(t), \quad (5.4)$$

де $F_i(t)$ - імовірність відмови i -го елемента.

За правилами теорії ймовірності події, що визначають один об'єкт дослідження, складають окрему групу подій; а при врахуванні всіх або допустимо всіх факторів впливу, то такі складові становлять повну групу подій. При цьому загальна ймовірність виникнення даної події визначається як сума ймовірностей складових повної групи подій. Вважаючи, що ймовірність безвідмовної роботи системи $P(t)$ та ймовірність відмови системи $F(t)$ стосуються одної події, а саме, виникнення відмови системи, а також дані події є протилежними, то очевидно, що вони складають повну групу подій.

Для повної групи подій справедливим є твердження, що сума ймовірностей складових даної групи дорівнює одиниці. Тоді можна записати залежність

$$P(t) + F(t) = 1 \quad (5.5)$$

Тому ймовірність безвідмовної роботи паралельної системи визначається наступним добутком ймовірностей:

$$P(t) = 1 - F(t) = 1 - \prod_1^n F_i(t) \quad (5.6)$$

Очевидно, що ймовірність безвідмовної роботи системи з паралельним сполученням елементів досить висока. Тому є доцільним визначати її через ймовірність відмов, використовуючи методи наближених обчислень, зокрема, що добутком двох малих величин можна знехтувати:

$$P(t) = [1 - F_1(t)] \cdot [1 - F_2(t)] \cdot \dots \cdot [1 - F_i(t)] \cdot \dots \cdot [1 - F_n(t)] \approx 1 - \sum_{i=1}^n F_i(t), \quad (5.7)$$

Якщо елементи системи рівнозначні, тобто мають однакову ймовірність реалізації, то є справедливим рівняння

$$F(t) = F_i^n(t), \text{ а } P(t) = 1 - F_i^n(t) \quad (5.8)$$

При реалізації холодного резервування резервні елементи починають функціонувати тільки після відмови основних, які далі підлягають відновленню або заміні. При цьому загальна система набуває більшої

надійності та розподіл відмов достатньо адекватно можна описати експоненціальним законом:

$$F(t) \approx \frac{\prod_{i=1}^n F_i(t)}{n!} \approx \frac{\prod_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}{n!} = P(t) \quad (5.9)$$

У разі наявності у системі рівнозначних елементів є справедливим:

$$F(t) \approx \frac{F_i^n(t)}{n!} \approx \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad (5.10)$$

Системи з резервуванням у період відновлення елемента характерні для роботи технологічних ліній, що експлуатуються у безперервному режимі. Вважаючи, що λ - інтенсивність відмов основного елемента, λ_p - інтенсивність відмов резервного елемента та $\bar{t}_p$ - середній тривалості ремонту, то імовірність безвідмовної роботи системи можна розрахувати так:

$$P(t) = e^{\frac{-t}{T_0}}, \quad (5.11)$$

$$\text{де } T_0 = \frac{1}{\lambda} \left[1 + \frac{1}{(\lambda + \lambda_p) \cdot \bar{t}_p} \right],$$

У технологічних системах у якості резервних використовують також накопичувальні підсистеми, що створюють на основній лінії спеціальні ділянки. Це дозволяє за період накопичення, тобто за час використання резерву, ліквідувати відмову на ділянках між накопичувачами. Таким чином, безвідмовна робота лінії повністю забезпечується за умови, що об'єму накопичувачів вистачає на період відновлення дієздатності ділянки, де відбулась відмова.

5.2.5. Моделювання комбінованих систем

Комбінованими технічними системами можна вважати такі, елементи яких мають як послідовні, так і паралельні зв'язки один із одним. При

моделюванні таких систем необхідно розробити структурну схему системи із явно визначеними послідовними та паралельними ділянками елементів; після чого вже здійснювати їх розрахунок в окремоті, використовуючи представлені вище методики. Для системи, що показана на рисунку 5.11, ймовірність безвідмовної роботи системи дорівнює добутку ймовірностей підсистеми *a* і *в*:

$$P(t) = P_a(t) \cdot P_в(t), \quad (5.12)$$

де $P_a(t)$ і $P_в(t)$ - відповідно ймовірності безвідмовної роботи ділянок з послідовно та паралельно діючими елементами.

При послідовному з'єднанні елементів

$$P_a(t) = \prod_{i=1}^a P_i(t) \quad (5.13)$$

Для повного гарячого резервування, тобто для систем з навантаженим резервним елементом, ймовірність безвідмовної роботи системи складає

$$P_в(t) = 1 - \prod_{j=1}^в F_j(t) \quad (5.14)$$

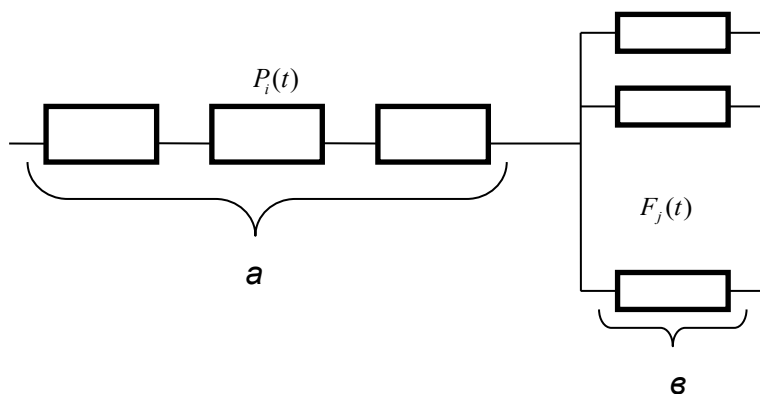


Рис. 5.11. Комбінована система з послідовним і паралельним поєднанням елементів

У харчових виробництвах часто застосовують комбіновані системи, які не мають явно визначені ділянки з послідовним та паралельним з'єднанням

елементів, які називають *складними комбінованими*. Наприклад, функціонування у технологічній схемі цукрового виробництва паралельних ліній для перекачування технологічних рідин, оснащені помпою, яка при необхідності може бути резервним елементом (рис. 5.12).

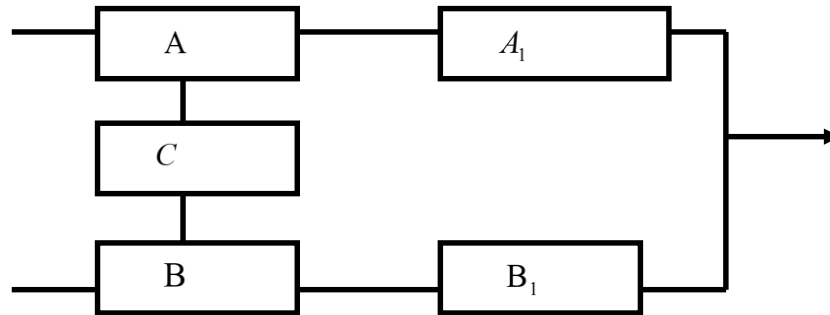


Рис. 5.12. Складна комбінована система

У розрахунках подібних складних систем можна перетворити структурну схему на таку, що має явно визначені паралельні та послідовні ділянки; спрощувати схему та виконувати супутні розрахунки за методиками, що були наведені вище. Також можна використати теорему Байєса, за якої ймовірність відмови системи визначається із формули [39]:

$$F = F(C \text{ дієздатний}) P_c + F(C \text{ недієздатний}) F_c, \quad (5.15)$$

де P_c і F_c - відповідно ймовірності безвідмовної роботи та відмови резервного елемента C ; $F(C \text{ дієздатний})$ – умовна ймовірність відмови за умови, що елемент C був задіяний у системі; $F(C \text{ недієздатний})$ - умовна ймовірність відмови за умови, що елемент C не був задіяний у системі

Умовна ймовірність відмови системи при дієздатному резерві C визначають як добуток імовірностей відмови елементів A_1 та B_1 :

$$F(C \text{ дієздатний}) = F_{A_1} \cdot F_{B_1} = (1 - P_{A_1}) \cdot (1 - P_{B_1}) \quad (5.16)$$

Умовна ймовірність відмови системи при недієздатному резервному елементі C :

$$F(C \text{ недієздатний}) = F_{A_1} \cdot F_{B_1} = (1 - P_A \cdot P_{A_1}) \cdot (1 - P_B \cdot P_{B_1}) \quad (5.17)$$

Тоді загальна ймовірність відмови досліджуваної складної системи визначається наступним чином:

$$F = (1 - P_{A_1}) \cdot (1 - P_{B_1}) \cdot P_c + (1 - P_A \cdot P_{A_1}) \cdot (1 - P_B \cdot P_{B_1}) \cdot F_c \quad (5.18)$$

Таким чином можна розраховувати параметри надійності комбінованих ділянок, які у складних системах можуть повторюватись багаторазово.

5.3.Складання моделі відмов технічної системи

5.3.1. Основні параметри моделі відмов

При побудові моделі відмов технічної системи необхідно не тільки задіяти потрібні методи підвищення зносостійкості спряжень, але й лімітувати показники, що визначають певні характеристики зношування, наприклад, її інтенсивність або допустиму швидкість реалізації. Основним критерієм оцінки для регламентування даних показників зношування є вимоги надійності, що ставляться до машини, наприклад, гранично допустимі значення як критерії оцінки для показників зношування машини і контроль за їх дотриманням складають методику оптимізації характеристик зносостійкості.

Таким чином, поставили завдання за результатами моделювання встановити межі допустимих значень для швидкостей зношування спряження, що визначають зміну вихідних параметрів машини.

При розв'язання цієї задачі встановили, що у моделі відмови ймовірність безвідмовної роботи виробу $P(t)$ може бути розрахована, а значення вихідного параметра X пов'язане із зношуванням спряжень лінійною залежністю:

$$X = k_o + \kappa U. \quad (5.19)$$

де U – ступінь пошкодження виробу

Вважали, що швидкість зміни параметра γ_x безпосередньо залежить

від швидкості зношування γ через залежність:

$$\gamma_x = \frac{dX}{dt} = k\gamma. \quad (5.20)$$

Із формули [41]

$$P(T) = 0.5 + \hat{O} \left[\frac{X_{\max} - a_0 - \gamma_{cp} \cdot T}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_\gamma^2 \cdot T^2}} \right] \quad (5.21)$$

видно, що при заданих імовірності безвідмовної роботи $P(t)$ та величини ресурсу T_p можна встановити значення γ_{cp} і σ_γ , за яких будуть забезпечені вимоги надійності. Найбільша допустима швидкість зміни вихідного параметра $\gamma_{x\max}$ становитиме

$$\gamma_{x\max} = \gamma_{cp} + a\sigma_\gamma, \quad (5.22)$$

де коефіцієнт "a" встановлюють, виходячи із умов безвідмовності. Наприклад, при $P(t) = 0,999$ і нормальному закономірності розсіювання, параметр $a = 3$ (шестисигмова зона розсіювання). Тоді відповідно до формули (5.22) може бути регламентована і швидкість зношування $\gamma_{\max} = \frac{\gamma_{x\max}}{k}$.

Якщо на вихідний параметр впливає зношування не одного, а декількох спряжень, то можна встановити допустимі значення зношувань для кожного з них, використовуючи закономірності для розрахунку багатоланкових механізмів.

Обмеження швидкості зношування основного спряження машини та визначення класу зношування має першочергове значення для створення більш надійних машин. Для цього необхідно визначити, які пари та у яких межах мають забезпечувати заданий діапазон швидкостей або інтенсивності зношування. Далі необхідно регламентувати показники зношеного спряження та умови експлуатації, які визначають термін напрацювання виробу до відмови. Таким чином визначили гранично допустимі зношування та встановили умови експлуатації, а саме, діючі навантаження,

швидкості, температури, характеристики навколишнього середовища.

Таке поєднання методів оцінки, розрахунку навантаження, аналізу параметрів зношування основних спряжень, прогнозування поведінки зношеної машини, регламентації швидкості зношування дадуть найбільший ефект підвищення зносостійкості. Таким чином, виявляється можливість ще на стадії проектування закласти основи для створення зносостійких надійних машин, що зберігають працездатність у різних умовах експлуатації.

5.3.2. Зв'язок між ступенем пошкодження і вихідними параметрами виробу

Проведення аналізу процесу зношування дозволяє встановити функціональні зв'язки між ступенем пошкодження U та вихідним параметром X . Дана залежність, як правило, є не випадковою або її стохастична природа проявляється дуже слабо. Найбільш поширеною серед спряжень зношування є лінійна залежність (рис. 5.13, а), коли параметри U та X пов'язані передавальним лінійним коефіцієнтом.

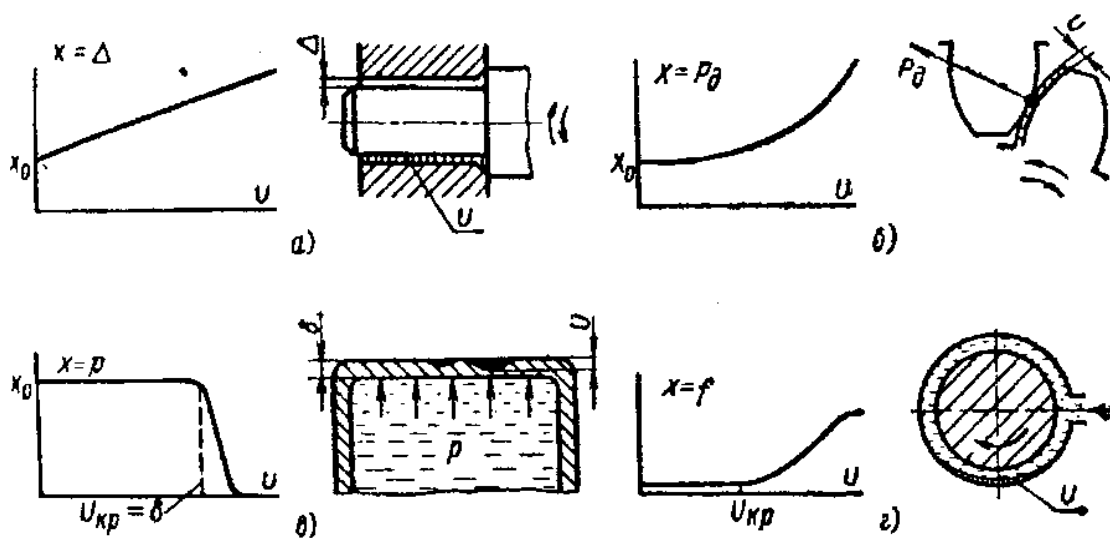


Рис. 5.13. Приклади функціональних залежностей між ступенем пошкодження виробу U і вихідним параметром X : а – зношення при збільшенні проміжку; б – зношення в умовах динамічних навантажень; в – корозія в умовах гідродинамічного тиску; г – зношення тертям.

Наприклад, при зношуванні спряжень проміжок певного параметру Δ , як правило, збільшується, тобто

$$\Delta = \Delta_0 + U, \quad (5.23)$$

де $X_0 = \Delta_0$ - початковий проміжок

Прикладом нелінійної залежності між параметрами X та U можна відзначити виникнення динамічних навантажень P_d , якщо виникли проміжки у спряженні внаслідок його зношення (рис. 5.13, б). Сила співударянь двох пружних тіл також нелінійно залежить від розмірів проміжку та може бути отримана із розв'язку відповідних диференціальних рівнянь руху виконавчих органів системи.

У багатьох випадках залежність вихідного параметра від ступеня пошкодження може мати зону «нечутливості» із наступною різкою зміною характеристики X (рис. 5.13, в), наприклад, вплив ступеня корозії резервуара на його здатність витримувати необхідний тиск рідини. За такого процесу на першому етапі корозія не впливає на вихідний параметр, тобто тиск у резервуарі; далі після певного локального пошкодження стінки на глибину $U = \delta$ резервуар втрачає здатність навіть витримувати рідину.

Аналогічно мають місце залежності між X та U при зміні умов роботи виробу після досягнення певного (критичного) ступеня пошкодження $U_{кр}$. Так підшипник ковзання, що працює із змащенням (рис. 5.13, г), за певних розмірів діаметрального проміжку забезпечує рідинне тертя, то коефіцієнт тертя як вихідний параметр набуває мінімального значення. За підвищених навантажень, наприклад, у момент пуску або реверсу, коли порушується рідинне тертя; зношення діаметрального проміжку інтенсифікується та досягає критичного значення. У результаті умови гідродинамічного змащення порушуються, характер тертя змінюється, внаслідок чого коефіцієнт тертя зростає.

У загальній формі тимчасову залежність для вихідного параметра можна визначити за функцією

роль відіграє виникнення або зародження процесу, тобто функція $f(T_e)$ та відповідно відмова формується із більшою інтенсивністю $X(t) \rightarrow \infty$, то отримаємо модель *раптової відмови*.

Таким чином, аналіз складеної моделі дозволив відзначити такі основні етапи формування відмови [41].

1 етап: *розсіювання початкових показників нової машини (системи) із можливістю її роботи у різних режимах* – дія зовнішніх навантажень, вібрації, що описується функцією щільності розподілу $f(x)$.

2 етап: *накопичення пошкоджень протягом часу T_v , викликаючи повільні процеси втомного зношування*; напруження T_v є випадковою величиною та розподіляється згідно з функцією $f(T_v)$.

3 етап: *накопичення пошкоджень, що відповідають граничному стану T_z* ; процес зміни параметра X із швидкістю γ_x є випадковим та має розсіювання згідно з функцією розподілу $f(\gamma_x)$; формується закон розподілу $f(x, t)$, який визначає імовірність виходу параметра X за $X_{\max}$, тобто імовірність відмови.

- коли $T_v = 0$ – *процес виникнення поступової параметричної відмови*;
- якщо при досягненні $X_{\max}$ різко зростає $X(t)$, як правило, *виникає відмова функціонування*;
- якщо у відмові основну роль відіграє функція $f(T_v)$, а потім відмова формується з великою інтенсивністю $X(t) \rightarrow \infty$, то отримуємо *модель раптової відмови*.

5.3.4. Модель формування поступової відмови виробу

Розглянемо найпоширеніший випадок, коли параметр виробу X змінюється за лінійним законом

$$X(t) = kt, \quad (5.26)$$

де $k = \gamma$ - швидкість процесу зношування γ або зміни параметра γ_x , яка

залежить, як від навантаження, швидкості, температури, умов експлуатації тощо. Тому за великої кількості дослідної бази або величини виборки з достатньою точністю для прогнозування процесу зношування можна використовувати нормальний закон розподілу, тобто

$$f(\gamma) = \frac{1}{\sigma_\gamma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\gamma_x - \gamma_{cp})^2}{2\sigma^2}} \quad (5.27)$$

де $f(\gamma)$ - щільність імовірності; γ_x - середнє значення (математичне очікування) швидкості пошкодження або зміни вихідного параметра; σ_γ - середнє квадратичне відхилення швидкості процесу; $\delta = \sigma_\gamma / \gamma_{cp}$ - коефіцієнт варіації.

Для зміни параметру X при даному $t = T$, так, як і для швидкості доцільно використовувати нормальний закон розподілу параметрів:

$$M(X) = X_{cp} = \gamma_{cp} T \quad (5.28)$$

середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma(X) = \sigma_\gamma T \quad (5.29)$$

Тому ймовірність безвідмовної роботи чисельно дорівнює площі під графіком щільності розподілу $f(X)$ в інтервалі від $-\infty$ до X_{max} [40, 41]:

$$\begin{aligned} P(T) &= \frac{1}{\sigma(X)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{X_{max}} \exp\left[-\frac{X - X_{cp}}{2\sigma^2 X}\right] dX = \\ &= 0.5 + \Phi\left[\frac{X_{max} - X_{cp}}{\sigma_x}\right] = 0.5 + \Phi\left[\frac{X_{max} - \gamma_{cp} T}{\sigma_\gamma T}\right], \end{aligned} \quad (5.30)$$

Даний параметр може бути визначений за формулою:

$$P(t) = 0.5 + \Phi\left[\frac{X_{max} - \gamma_{cp} T}{\sigma_\gamma T}\right], \quad (5.31)$$

де σ_γ - швидкість пошкодження або швидкість зміни вихідного

параметра (σ_x) , а Φ - нормована функція Лапласа, що визначається за табличними даними $(0 < \Phi \leq 0,5)$.

5.3.5. Геометричні моделі відмов

Побудову математичної моделі процесу формування відмови можна здійснювати при використанні відомих математичних розподілів випадкової величини, які адекватно можуть описувати досліджувані процеси, зокрема, харчових і переробних виробництв, залежно від особливостей процесу, функціоналу засобів його реалізації, від режимів роботи обладнання тощо. Даний спосіб моделювання можна віднести до аналогового.

Нормальний розподіл випадкової величини або розподіл Гаусса (рис. 5.15) граничний закон, до якого прагне розподіл середнього числа n -спостережень за достатньо загальних умов. Такий розподіл ефективно описує наступні процеси:

- накопичення пошкоджень до відмови;
- корозійне поступове спрацювання до відмови;

ПОХИБКИ

при

вимірюванні.



$$f(t) = \frac{1}{S_t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - M_t)^2}{2 S_t^2}}$$

Сутність: граничний закон, до якого прагне розподіл середнього числа n -спостережень за достатньо загальних умов.

Аналогії до надійності систем:

- накопичення пошкоджень до відмови;
- корозійне поступове спрацювання до відмови;
- похибки при вимірюванні.

$$P(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt$$

Рис.5.15. Нормальний розподіл випадкової величини (розподіл Гауса)

Розподіл Вейбулла (рис. 5.16) показує розподіл часу між незалежними подіями, що виникають з постійною інтенсивністю. Геометричну інтерпретацію даного закону доцільно використовувати для наступних систем:

- типовий розподіл для складних систем, що об'єднують багато елементів з різними моделями відмов;
- характерний для раптових відмов, відмов через старіння;
- ефективний для оцінки надійності систем одноразового тривалого використання, елементи яких не відновлюються, а замінюються.



$$f(t) = \frac{m}{t_0} t^{m-1} \cdot e^{-\frac{t^m}{t_0}} \quad t \geq 0 \quad P(t) = e^{-\frac{t^m}{t_0}} \quad \lambda(t) = \frac{m}{t_0} t^{m-1}$$

Сутність: описує розподіл екстремальних значень елементів системи та має обмеження зліва.

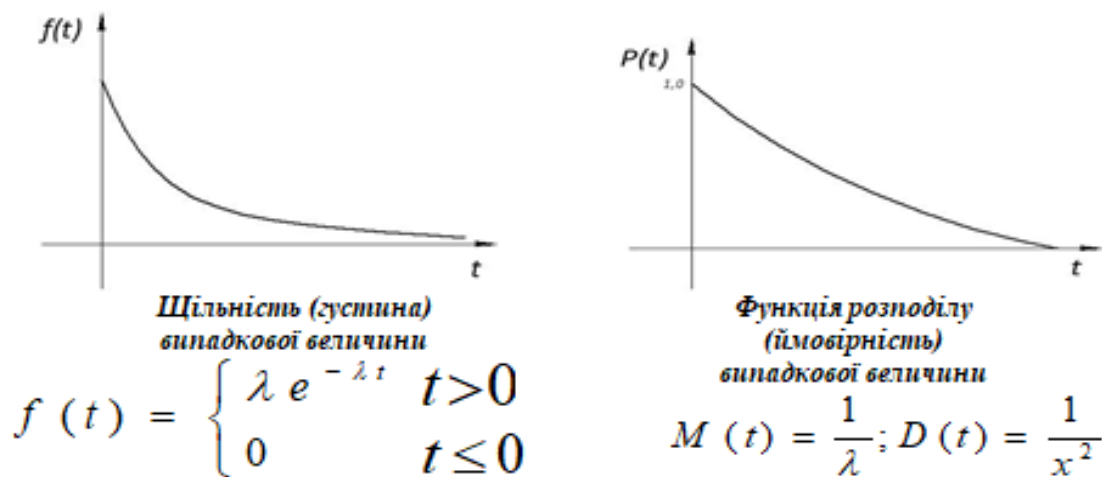
Аналогії до надійності систем:

- задовільно описує руйнування від втоми, зокрема підшипників, деталей завантажувально-розвантажувальних засобів;
- описує загальний розподіл часу безвідмовної роботи при достатньо різноманітних інтенсивностях відмов.

Рис.5.16. Розподіл Вейбулла

Експоненційний розподіл (рис. 5.17) показує розподіл часу між незалежними подіями, що виникають з постійною інтенсивністю. Методом аналогії за використання такої функції можна описувати:

- типовий розподіл для складних систем, що об'єднують багато елементів з різними моделями відмов;
- характерний для раптових відмов, відмов через старіння;
- ефективний для оцінки надійності систем одноразового тривалого використання, елементи яких не відновлюються, а замінюються.



Сутність: показує розподіл часу між незалежними подіями, що виникають з постійною інтенсивністю.

Аналогії до надійності систем:

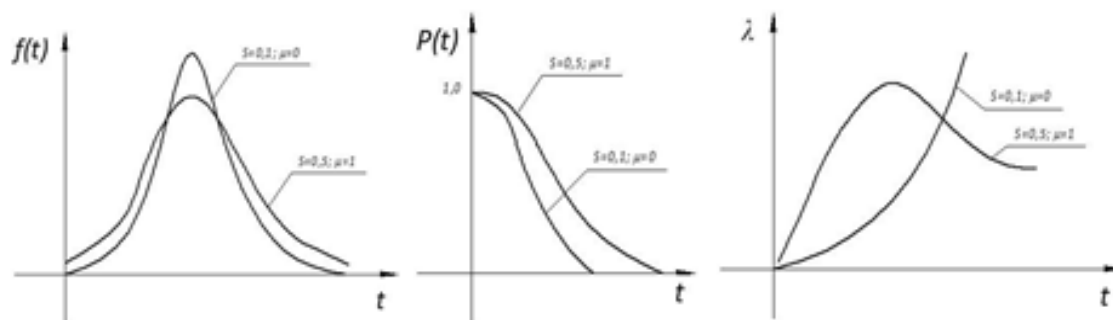
- типовий розподіл для складних систем, що об'єднують багато елементів з різними моделями відмов;
- характерний для раптових відмов, відмов через старіння;
- ефективний для оцінки надійності систем одноразового тривалого використання, елементи яких не відновлюються, а замінюються.

Рис.5.17. Експоненційний розподіл

Логарифмічно-нормальний розподіл (рис. 5.18) адекватно описує процеси за нормальним законом змінюється логарифм випадкової величини та є одним із основних статистичних розподілів при обмеженнях випадкової величини з одного боку. Методом аналогії можна використати даний закон для моделювання часу напрацювання до відмови через втому або старіння, зокрема підшипників кочення.

Розподіл Пуассона (рис. 5.19) описує дискретні випадкові величини. Згідно аналогії до надійності систем:

- описує ймовірність за різних середніх інтенсивностей відмов;
- описує зміну потоків відмов за певні інтервали часу (тижневі, добові);
- характеризує ймовірність появи незалежних подій у даному інтервалі часу, що мають постійну інтенсивність.



Щільність (густина)
випадкової величини

Функція розподілу
(ймовірність)
випадкової величини

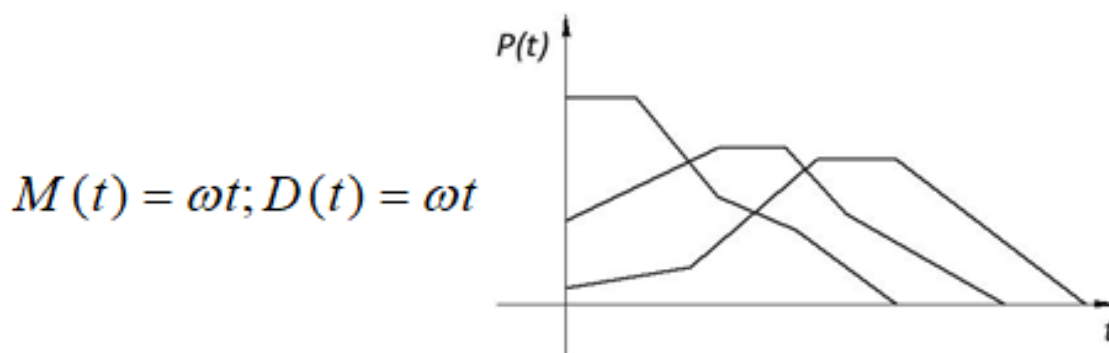
Інтенсивність відмов
випадкової величини

$$f(t) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - M)^2}{2S^2}}$$

Сутність: за нормальним законом змінюється логарифм випадкової величини та є одним із основних статистичних розподілів при обмеженнях випадкової величини з одного боку.

Аналогії до надійності систем: час напрацювання до відмови через втому або старіння, зокрема підшипників кочення.

Рис.5.18. Логарифмічно-нормальний розподіл



Імовірність за різних середніх інтенсивностей відмов

$$f(t) = \frac{(\omega t)^n}{t!} e^{-\omega t} \quad P(t) = \left[\frac{(\omega t)^n}{n} \right] e^{-\omega t}$$

Сутність: описує дискретні випадкові величини.

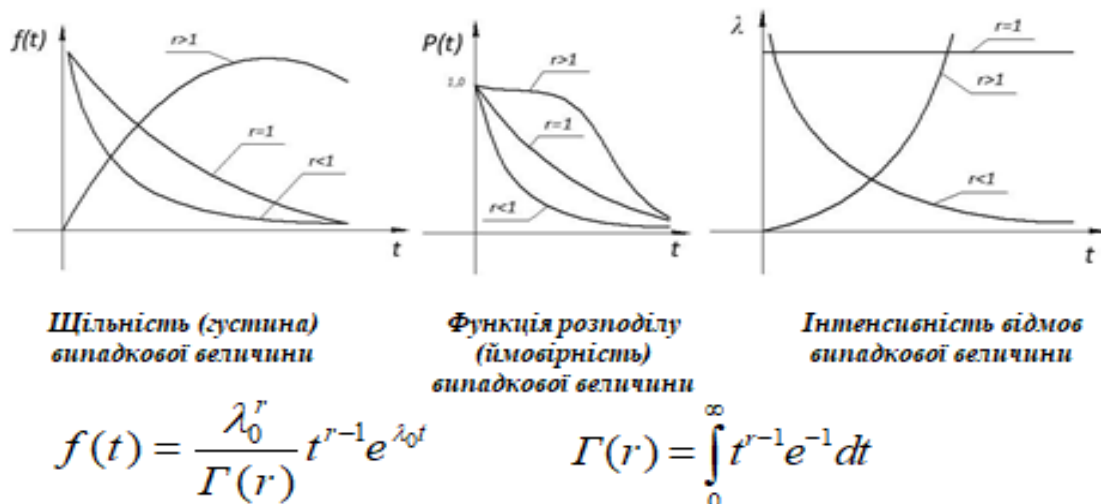
Аналогії до надійності систем:

- описує ймовірність за різних середніх інтенсивностей відмов;
- описує зміну потоків відмов за певні інтервали часу (тижневі, добові);
- характеризує ймовірність появи незалежних подій у даному інтервалі часу, що мають постійну інтенсивність.

Рис.5.19. Розподіл Пуассона

Гамма-розподіл (рис. 5.20) є основним розподілом при обмеженнях

випадкової величини з одного боку. Такий розподіл адекватно описує час виникнення відмов складних електромеханічних систем через раптові спрацювання на початку експлуатації або під час припрацювання.



Сутність: основний розподіл при обмеженнях випадкової величини з одного боку.

Аналогії до надійності систем: описує час виникнення відмов складних електромеханічних систем через раптові спрацювання на початку експлуатації або під час припрацювання.

Рис.5.20. Гамма-розподіл

Імовірнісно-фізичні моделі відмов

$$f(t) = \frac{\beta}{t^2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\alpha t - \beta)^2}{2t^2}} \quad \text{Віяловий процес або } \alpha\text{-розподіл}$$

$$F(t) = \Phi\left(\frac{\alpha t - \beta}{t}\right)$$

Медіана $t = \frac{\beta}{\alpha}$ α – параметр форми; β – параметр масштабу

Сутність: є ідеалізацією процесів, що мають випадкову швидкість зміни визначального параметра.

Аналогії до надійності систем: описує процеси спрацювання, що цілком визначаються початковим станом системи тобто якістю виготовлення.

DM-розподіл або дифузійний монотонний розподіл

$$f(t) = \frac{t + \mu}{2 \nu t \sqrt{2\pi \mu t}} e^{-\frac{(t - \mu)^2}{2 \nu^2 \mu t}}$$

Медіана $t = \mu$

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\nu \sqrt{\mu t}}\right)$$

ν – параметр форми

μ – параметр масштабу

Використання: описує процеси спрацювання через монотонні незворотні відмови (втому, корозію та старіння механічних об'єктів).

Рис.5.21. Характеристики α -розподілу та DM-розподілу

Віяловий процес або α -розподіл (рис. 5.21) є ідеалізацією процесів, що мають випадкову швидкість зміни визначального параметра. Використання даної закономірності дозволяє описувати процеси спрацювання, що цілком визначаються початковим станом системи тобто якістю виготовлення.

DM-розподіл або дифузійний монотонний розподіл (рис. 5.21) описує процеси спрацювання через монотонні незворотні відмови (втому, корозію та старіння механічних об'єктів).

DN-розподіл або дифузійний немонотонний розподіл (рис. 5.22) описує дифузійні немонотонні процеси спрацювання, що виникають у виробках електронної техніки та є результатом декількох причин.

Імовірісно-фізичні моделі відмов

DN-розподіл або дифузійний немонотонний розподіл

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{v \sqrt{\mu t}}\right) + e^{2v^{-2}} \cdot \Phi\left(-\frac{t + \mu}{v \sqrt{\mu t}}\right)$$

$$f(t) = \frac{\sqrt{\mu}}{vt \sqrt{2\pi\mu t}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2v^2\mu t}}$$

v – параметр форми
 μ – параметр масштабу

Використання: *описує дифузійні немонотонні процеси спрацювання, що виникають у виробках електронної техніки та є результатом декількох причин.*

Рис.5.22. Характеристики DN-розподілу

На основі аналізу представлених процесів розподілу можна відзначити наступні рекомендації до використання розподілів випадкових величин в теорії надійності [8, 41].

1. Етап виготовлення елементів технічних систем:

- ☐ **віяловий або α -розподіл**

2. Етапи припрацювання та початкового періоду експлуатації технічних систем:

- ☐ **γ -розподіл**
- ☐ **при раптових відмовах: розподіл Вейбулла, експоненційний розподіл.**

3. Етап основної експлуатації технічної системи

- ☐ **поступове накопичення пошкоджень: нормальний або розподіл Гауса**
- ☐ **для засобів ЕОМ, електронних систем керування, для яких не потрібно припрацювання: експоненційний розподіл**
- ☐ **спрацювання через втому: розподіл Вейбулла, логарифмічно-нормальний розподіл**
- ☐ **спрацювання через незворотні монотонні процеси старіння: DM-розподіл**
- ☐ **спрацювання через незворотні немонотонні процеси старіння: DN-розподіл (контрольна, вимірювальна апаратура)**

4. Прогнозування відмов через певний час

- ☐ **розподіл Пуассона**

Очевидно, що представлені методи аналізу можуть бути ефективно використані при побудові моделей відмов біотехнічних систем харчового і переробного виробництва; для визначення технічного стану даних систем методом аналогії, тобто без застосування складних методик розрахунку в умовах різноманітної дії зовнішніх факторів; для прогнозування технічного стану елементів досліджуваних систем без застосування громіздкого математичного алгоритму (рис. 5.23).

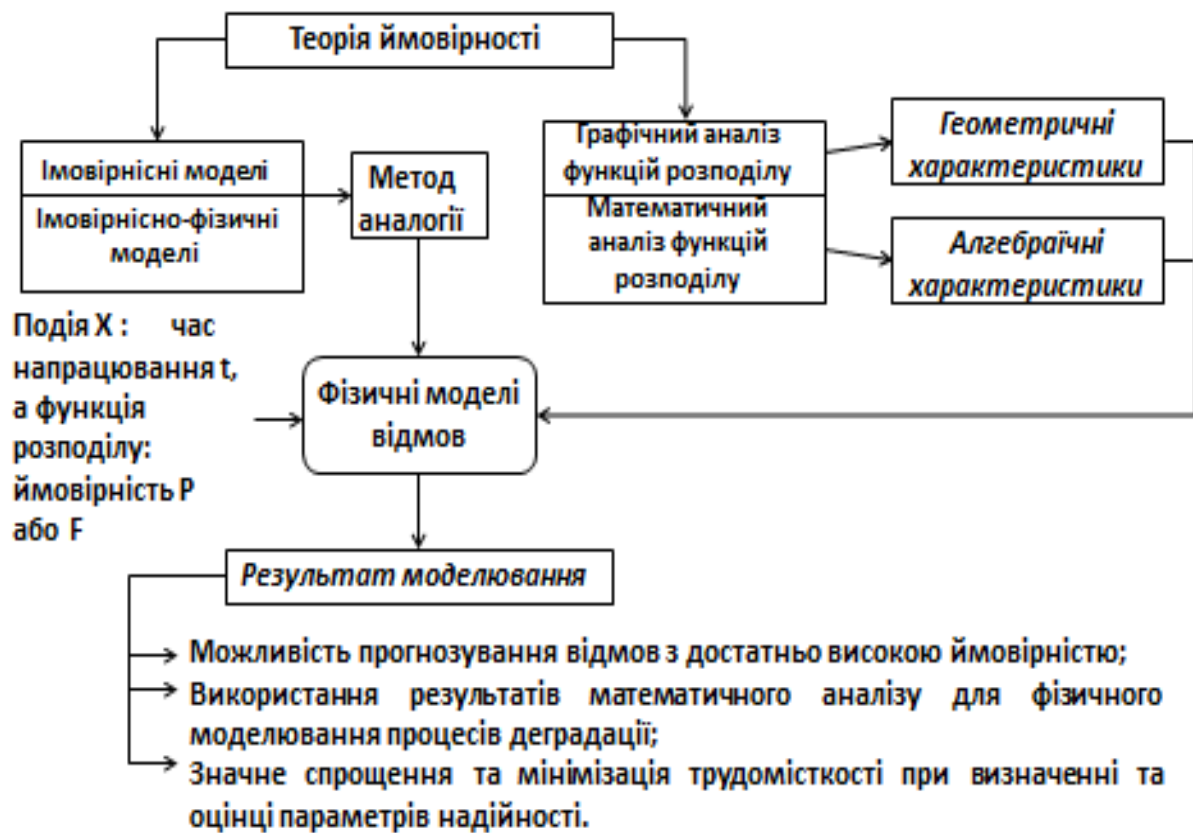


Рис.5.23. Обґрунтування доцільності визначення параметрів надійності методами теорії ймовірності

Розділ 6. Оцінка енергоефективності біотехнічних систем

6.1. Енергоефективність галузей виробництва та переробки сільськогосподарської продукції

6.1.1. Критерії ефективності енерговитрат у тваринництві

В.П. Коньков та Г.В. Пічугіна представляють баланс енергії у виробництві тваринницьких продуктів у наступному вигляді

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4 + E_5, \quad (6.1)$$

де E_1 - енергія, що отримує худоба при споживанні кормів; E_2 - енергія, яка необхідна для забезпечення експлуатації різних технічних систем; E_3 - енергія приросту біомаси тварин; E_4 - енергія, що витрачається організмом на підтримання життя; E_5 - енергія, що міститься у відходах (гній, тепло, волога, гази, що видихаються).

Для підвищення ефективності виробництва біомаси потрібно прагнути максимального збільшення E_3 , що можна здійснювати шляхами виведення нових порід тварин; створення економічних технологій. Перший шлях вимагає часу протягом десятків та сотень років. При реалізації другого (швидкого) шляху баланс енергії представимо у вигляді

$$E_3 = (E_1 + E_2) - (E_4 + E_5). \quad (6.2)$$

Тобто зростання E_3 можна домогтися зростанням енергетичних складових E_1 , E_2 та зменшенням E_4 і E_5 . Другий шлях є інженерно-технологічним, тому його здійснення є більш швидким та реальним, ніж у першому варіанті, що знайшло відображення у створенні тваринницьких комплексів з новими зразками техніки та технологій.

При цьому критерієм ефективності енерговитрат буде відношення:

$$K = \frac{E_{осн} + E_{поб}}{E_{пр} + E_{нпр}} \quad (6.3)$$

де $E_{осн}$ та $E_{поб}$ - вихід основної та побічної продукції; $E_{пр}$ і $E_{нпр}$ - прямі та непрямі витрати технічної енергії

При цьому прямі витрати складають витрати електроенергії на роботу доїльних установок, вентиляторів, транспортерів тощо. Непрямі витрати спрямовуються на добрива, обробку ґрунту, виробництво будівельних матеріалів та інші.

Польські вчені підраховали, що для виробництва та переробки продукції рослинництва представлений критерій оцінки складає $K = 3,9$, а для галузі виробництва та переробки продукції тваринництва $K = 1,9$. Іншими словами на 1 калорію, витрачену у рослинництві, виробляється від 2 до 4 калорій біомаси рослин, а у тваринництві - лише 0,2 калорії біомаси. Це пояснюється тим, що рослини запасують енергію Сонця, а тварини лише перетворюють її з відповідними втратами. Наприклад, з усієї сонячної енергії, що припадає на поле, люцерна використовує 0,2%. З люцерни бички використовують 8% енергії. Людина, яка використовує м'ясо бичків у якості їжі, використовує 1% енергії або стотисячну частку енергії сонячних променів, що діють на поле. Звідси випливає, що людині енергетично більш вигідно харчуватися тваринною їжею. Саме так чинять у бідних країнах, де приріст рослинної продукції все одно не встигає за приростом населення.

Є.І. Базаров вважає, що при виробництві зернових, коефіцієнт ефективності використання сукупної енергії, що витрачається суспільством, потрібно розраховувати за формулою

$$\delta = 0,42\eta_{\phi}\left(1 - \frac{1}{r}\right)100\% \quad (6.4)$$

де η_{ϕ} – фактичний ККД перетворення сонячної енергії; $r = E_B / E_o$; E_B - вся корисна енергія, що акумульована у продукції, E_o - енергія, що витрачається на виробництво продукції.

У Великобританії зроблено розрахунки витрат енергії для отримання 1

кг білка, МДж: з молока – 118, з яловичини – 348, зі свинини – 238, з баранини – 465, з м'яса птиці – 203, з яйця – 200.

Біоенергетична ефективність сільськогосподарського виробництва за розрахунками Ю.Ф. Новікова знижується, як правило, у всіх країнах, тобто витрата технічної енергії зростає швидше, ніж приріст сільськогосподарської продукції. В.П. Коньков та Г.В. Пічугіна зазначають, що у США для збільшення обсягу сільськогосподарської продукції у 2 рази потрібно було збільшити витрати енергії у 10 разів [25]: «Якщо енергоємність промислової продукції за рахунок удосконалення технологій постійно знижується, то у сільському господарстві спостерігається зворотна картина. Рослини поливають і удобрюють, а в теплицях додатково обігрівають і освітлюють. І чим більш сучасним є сільськогосподарське виробництво, тим більше воно потребує додаткової енергії». Але зростання енерговитрат для економіки країни зазвичай є більш вигідним, ніж зростання трудових витрат.

Економічні критерії можуть призвести до відхилення дорогих, але потенційно перспективних технологій та систем. Така тенденційність неодноразово призводила до енергетичних криз, наприклад, при зростанні цін на нафту. Синкевич П.М. [43] запропонував таку методику розрахунку. Нехай у момент згодовування корм має обмінну енергію E :

$$E = K_i K_{efi} E_{nki}, \quad (6.5)$$

де E_{nki} - енергетична поживність корму для i -го виду тварин; K_i - коефіцієнт переведення кормових одиниць, у МДж/ E_{nki} ; K_{efi} - коефіцієнт ефективності використання енергії залежно від її концентрації у сухій речовині та від збалансованості корму за протеїном, цукром, мікроелементним та вітамінним складом.

Сукупна витрачена енергія на одержання корму містить такі складові:

$$E_{cv} = E_{жп} + E_{ен} + E_{пм} + E_n + E_{пр} + E_{об} + E_{хім} + E_{зб}, \quad (6.6)$$

де $E_{жп}$ - витрати живої праці; $E_{ен}$ - витрати на енергоносії (нафту, газ,

електрику, торф, вугілля та інші); E_{nm} – витрати енергії на роботу польових машин; E_n – витрати на насіння; E_{np} – витрати на приміщення; $E_{об}$ – на обладнання та машини для переробки корму; E_{xim} – на добрива, гербіциди та інші хімічні препарати; $E_{зб}$ – на зберігання.

Витрати енергії на виробництво машин, будівель, устаткування представляли як енергоемності на одиницю часу, що буде адекватно для будь-якої технології та операції.

Витрати енергії на здійснення живої праці можна визначити як

$$E_{жп} = \sum_{i=1}^n (a_{фпi} + a_{зпi}) T_{pi}, \quad (6.7)$$

де $a_{фпi}$ – еквівалент фізичних витрат праці робітника; $a_{зпi}$ – еквівалент витрат у сфері громадського споживання у вигляді частини заробітної плати (окрім харчування); T_{pi} – час роботи i -го працівника.

Прямі витрати енергії на енергоносії

$$E_{ен} = \sum_i^n a_{ei} Q_{ei} \quad (6.8)$$

де a_{ei} – еквівалент палива та енергії i -го виду, Q_{ei} – витрата палива i -го виду, у $кг$ або $кВт$.

Енерговитрати на створення, ремонт та обслуговування техніки становить

$$E_m = \sum_i^n e_{emi} T_{pi} \quad (6.9)$$

де $e_{emi} = a_{ei} M_i (100 + a_{нр} + a_{нто} + a_{нзб}) / 100 T_{рес}$ – питома енергоемність i -ої машини, $МДж/кг$; a_{ei} – енергоеквівалент i -ої машини, $МДж/кг$; M_i – маса i -ої машини, $кг$; $a_{нр}$ – норми енерговитрат на ремонт, %; $a_{нто}$ та $a_{нзб}$ – норми енерговитрат на техобслуговування та зберігання на термін служби машини, %; $T_{рес}$ – ресурс i -ої машини, $год$; T_{pi} – час роботи i -ої машини, $год$.

Енергетичні витрати на приміщення складають

$$E_{np} = \sum_i^n e_{npi} T_{np} \quad (6.10)$$

де $e_{npi} = a_{npi} F_{npi} (100 + a_{nprp}) / 100 T_{np} t_{npi}$ - питома енергоємність приміщень, $МДж/год$; a_{npi} - енергоеквівалент приміщень, $МДж/м^2$; F_{npi} - площа приміщень, $м^2$; a_{nprp} - норми витрат за ремонт приміщень, %; T_{np} - термін служби приміщень, $років$; t_{npi} - час використання приміщень, $год/год$.

Енерговитрати на зберігання становлять

$$E_{зб} = \sum_i^n e_{збі} Q_{збі}, \quad (6.11)$$

де $e_{збі} = a_{збі} F_{збі} (100 + a_{нзбр}) / (100 T_{зб} K_{цзбі} Q_{кзі}) + a_{гер} M_{гер} / m_{гер}$ - питома енергоємність зберігання кормів, $МДж/м^3$; $a_{збі}$ - енергоеквівалент сховищ, $МДж/м^2$; $F_{збі}$ - площі сховищ, $м^2$; $a_{нзбр}$ - норми витрат на ремонт сховищ, %; $T_{зб}$ - термін служби сховищ, $років$; $K_{цзбі}$ - число циклів використання сховищ на рік; $Q_{зб}$ - місткість сховища, $м^3/рік$; $a_{гер}$ - енергоеквівалент герметиків, $МДж/кг$; $m_{гер}$ - повторюваність використання герметизуючих матеріалів; $Q_{кзі}$ - об'єм корму при закладці, $м^3$; $M_{гер}$ - маса герметизуючих матеріалів, $кг$

Енерговитрати на виробництво насіння можна визначити як

$$E_n = \sum_i^n e_{ni} F_{ni}, \quad (6.12)$$

де $e_{ni} = a_{ni} H_{ni}$ - питома енергоємність насіння i -го виду, $МДж/га$; a_{ni} - енергоеквівалент насіння, $МДж/кг$; H_{ni} - норма висіву насіння; F_{ni} - площа полів, $га$.

Витрати енергії на виробництво хімічних препаратів з урахуванням їх доставки

$$E_{xim} = \sum_i^n e_{xim} F_{ni} \quad (6.13)$$

де $e_{xim} = a_{xim} K_{mri} H_{xim} n_{yi}$ - питома енергоємність хімічних препаратів, $МДж/га$; a_{xim} - енергоеквівалент хімічних препаратів, $МДж/кг$; K_{mri} - коефіцієнт, що враховує транспортування хімічних препаратів у

господарство; T_{xim} - термін дії препаратів (міндобрива та хімпрепарати на один рік, оргдобрива – на два роки); n_{yi} - число укосів на рік.

Аналогічно враховуються витрати на втрати кормів.

Ефективність застосування біотехнічних систем та технологій біоконверсії

$$E_T = \frac{E_\phi - E_{ск}}{H_k}, \quad (6.14)$$

де E_ϕ – фактичні енерговитрати на функціонування системи, $МДж$; $E_{ск}$ – сукупна енергія на корм, $МДж$; H_k - прямі витрати на корм, $люд \cdot год$.

Даний критерій оцінки не враховує дефіциту праці, що, зокрема, в умовах планового ведення виробництва нівелювався розподілом трудових ресурсів, а за ринкового способу господарювання - конкуренцією ринку праці, але без гарантії покриття дефіциту праці за рахунок держави, а лише за рахунок вільних кадрів безробітних або за рахунок самопідготовки кадрів за їх рахунок при ризиках найму на роботу.

6.1.2. Критерій енергоємності подрібнювачів кормів

Питома витрата енергії на подрібнення маси корму складає

$$E_{nod} = \frac{P_{nod}}{Q} \quad (6.15)$$

де P_{nod} – потужність, що витрачається на подрібнення, $кВт$; Q - продуктивність подрібнювача, $т/год$.

Ф.Є. Ялпачик та Г.Ф. Ялпачик [44] вважають, що такий критерій зручний тільки при складанні виробничого плану господарства і непридатний для порівняння роботи різних машин при різному ступені подрібнення.

З урахуванням ступеня подрібнення λ досліджувані енерговитрати можна визначити із залежності

$$E_{nod} = \frac{P_{nod}}{Q \cdot \lambda} \quad (6.16)$$

Матлахс С.І. у 1968 застосував наступний критерій «оптимізації» для оцінки енергоефективності процесу подрібнення

$$\eta = E_{\text{нод}} / K \quad (6.17)$$

де K – показник якості.

$$K = \frac{S_D \sum_{l_1}^{l_2} m_i}{\left[S \sum_0^l m_1 \right]} \quad (6.18)$$

де S_D - допустиме відхилення середньої оптимальної довжини частинок корму (для свиней таке відхилення дорівнює 5 мм); $\sum_{l_1}^{l_2} m_i$ - маса частинок

з довжиною від l_1 до l_2 ; $\sum_0^l m_1$ - маса всієї проби; S - середньоквадратичне відхилення від середньої довжини l_2 знаходиться за формулою

$$S = \sqrt{\frac{\sum m_i (l_1 - l_2)^2}{\sum m_i l_i}} \quad (6.19)$$

Ф.Є. Ялпачик та Г.Ф. Ялпачик вважають, що фізичну сутність показників K і η важко сформулювати. Більш простий вираз запропонували Еллі А.Я. та Єрмічов В.А., використовуючи наступний показник

$$K_0 = m_\phi / m \quad (6.20)$$

де m_ϕ і m - маса відповідно фракції з оптимальною довжиною частинок і загальна маса проби

Однак коефіцієнт K_0 теж непридатний для порівняльної оцінки дробарок. Тому Ф.Є. Ялпачик та Г.Ф. Ялпачик у 1987 запропонували узагальнений показник енергоємності та якості [44]:

$$\Pi_{yz} = \frac{P_{\text{нод}}}{QK_0(\lambda - 1)} = \frac{E_{\text{нод}}}{K_0} \quad (6.21)$$

$$E_{nod} = \frac{P_{nod}}{Q(\lambda - 1)} \quad (6.22)$$

Представлений показник характеризує питомі витрати енергії на одиницю маси корму необхідної якості, тобто при рівних площах знову утворених поверхонь частинок. Проте більш точне порівняння слід робити за однакової вологості корму.

6.1.3. Коефіцієнт використання енергетичних ресурсів АПК

Невідновлювані ресурси енергії є обмеженими: запаси вугілля, нафти, газу, торфу тощо. До відновлюваних ресурсів належать лісові масиви, сонячна енергія, геотермальні води, енергія морських припливів, енергія вітру та інші.

Технологічна сфера агропромислового комплексу (АПК) являє собою особливу форму діяльності людини з перетворення сонячної та інших видів енергії на продукцію галузей виробництва та переробки рослин та тварин. Сфери промислової діяльності АПК розповсюджуються на виробництво машин, хімічних та інших препаратів для АПК; сільськогосподарське виробництво; переробки сільськогосподарської сировини (зерна, овочів, фруктів, технічних культур, молока, шкіри, м'яса, вовни тощо).

Усередині АПК існують резерви відновлення енергоресурсів за рахунок підвищення ефективності технологій та машин, а також використання сонячної енергії як безпосередньо, так і через виробництво біомаси. Потоки даних різновидів енергії показані на рисунку 6.1.

Базаров Є.І. запропонував оцінювати ефективність використання сукупної енергії E_c , що витрачається суспільством на виробництво сільськогосподарської продукції коефіцієнтом

$$\delta = \frac{E_{\text{бхр}} - E_c}{E_{\text{вун}} - E_c} \quad (6.23)$$

де $E_{\text{бхр}}$ – біохімічна енергія, що укладена у продукції рослинництва, МДж/га ; $E_{\text{вун}}$ – енергія сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі та океану, МДж/га ; E_c – сукупна енергія

$$E_c = E_l + E_n + E_{\text{н}} + E_{\text{від}}, \quad (6.24)$$

де E_l – енергія людини; E_n – енергія викопного палива, що зосереджена у засобах і предметах праці, наприклад, у кормах; $E_{\text{н}}$ – енергія, що витрачається у невиробничій сфері для відтворення (навчання) робочої сили; $E_{\text{від}}$ – енергія, що витрачається суспільством на відновлення або поповнення природних ресурсів, засобів виробництва та кінцевої продукції.

Якщо взяти до уваги ККД сонячної фітосинтезуючої енергії за працями Шатилова І.С. [45], що дорівнює $\eta_{fc} = 0,42$, то Базаров Б.І. у 1987 запропонував наступну формулу

$$\delta = 0,42\eta_{fc}\left(1 - \frac{1}{r}\right)100 \quad (6.25)$$

де $r = E_{\delta xp} / E_c$ - енергетичний коефіцієнт.

Стійкий варіант енергоефективної технології реалізується за умови

$$E_{\delta xp} \geq 2E_c \text{ або } r \geq 2 \quad (6.26)$$

У цьому випадку сукупна енергія перекривається виходом біохімічних енергій врожаю.

Широков Ю.А. [46] для виявлення ефекту конкретних технологій запропонував наступну методику розрахунку: із сукупності витрат виключається природна енергія – сонячна, вітрова, геотермальна; тоді коефіцієнт корисної дії під час використання ресурсів визначається як

$$\eta = \frac{\sum V_i}{\sum (Q_i - \sum \eta_{jk} Q_{jk})} \quad (6.27)$$

де V_i - енергопотік, що виходить з біотехнічної системи, акумульований в i -ому продукті, МДж; Q_j - потік енергії j -го виду, внесений до БТС із зовні, МДж; η_{jk} - коефіцієнт корисної дії j -го пристрою, що використовують природну енергію k -го виду; Q_{jk} - потік природної енергії, що припадає на k -тий пристрій, МДж.

Нехай

$$V_i = E_i F_i \eta_i (\gamma_i - \sum a_{ip} + a_{i2} S_i \gamma) , \quad (6.28)$$

де E_i – сонячна енергія, що припадає на одиницю площі угідь, МДж/га; F_i - площа за i -тою культурою, га; η_i - коефіцієнт фотосинтезу; γ_i - коефіцієнт втрат продукції при переробці продукції; a_{epi} - частка використання врожаю i -тої культури для p -го нехарчового призначення (a_{3l} – залишки в полі); a_{k2} – витрата на корм; a_{63} – на біопаливо; a_{25} – на біогаз і т.д.); S_i - коефіцієнт

трансформації енергії кормів на енергію продуктів тваринництва; γ - втрати продукції тваринництва при переробці.

Приймаємо:

$$1) (\gamma_i - \sum a_{ip}) + a_{i2} S_i \gamma = A (G_i - \wedge a'p) + a \wedge z = A' \quad (6.29)$$

2) $r_i = Q/E$ - нормативний коефіцієнт науково-технічного прогресу (відношення сукупної енергії до сонячної).

Тоді рівняння (6.27) набуде вигляду

$$\eta = \frac{\sum A_i F_i \eta_i}{r_1 - \sum_j \sum_k \eta_{jk} F_{jk}} \quad (6.30)$$

Розрахунки показали, що для СРСР 80-х років $r_i = 4,55 \cdot 10^{-4}$ і $A = 0,28$. Дані значення будуть змінюватися від рівня науково-технічного прогресу. Коефіцієнт використання природної енергії у біотехнічних системах становить

$$\eta_{jk} = \eta_T + \eta_i (a_{63} \eta_6 + a_{i4} \eta_{06} + a_{e5} \eta_T + a_{k2} \eta_k \eta_y) \quad (6.31)$$

де η_T - ККД технічних систем перетворення природної енергії (сонячних батарей, вітроагрегатів та інших); η_6 - ККД технічних систем енергії біомас (котли, газогенератори та інші); η_{06} - ККД двигунів внутрішнього згоряння на рослинних оліях; η_k - коефіцієнт перетворення енергії корму у теплову енергію; η_y - ККД утилізаторів біотепла тварин.

Вирішуючи рівняння (6.30) і (6.31), отримали методику розрахунку оптимального або достатньо ефективного варіанта коефіцієнта η при різному поєднанні традиційних, місцевих та альтернативних енергоресурсів.

У 80-ті роки у СРСР для молочного тваринництва було розрахована величина $\eta = 0,032 \dots 0,034$, із чого очевидно, що близько 3% сукупної енергії окупувалося енергією продукції.

Для кращих ферм при надоях $6 \text{ т}/(\text{корову на рік})$ молока та традиційних джерелах енергії $\eta = 0,094$. Можна підвищити ККД до 0,124, якщо

поєднувати види енергій відповідно до таблиці (для 400 корів).

Серед додаткові ресурсів галузі тваринництва та переробки його продуктів можна відзначити наступні:

- біоконверсія анаеробного бродіння гною ($1 \text{ млрд т гною} = 4 \text{ млрд ГДж енергії}$);

- утилізація тепла вентиляваного повітря (повернення 40...50% теплоти через теплообмінники);

- застосування теплових насосів до низькопотенційних середовищ (повітря, водоймища, ґрунт): на 1 кВт компресора одержують $3...5 \text{ кВт}$ теплоти;

- сонячні (геліо) установки;

- теплогазоутилізатори біоконверсні (вентильоване тепло та гази згоряння), а також гази видихання тварин використовуються у теплицях та басейнах вирощування хлорелі (ферми безвідходні);

- гідропонні рослини зеленого підживлення;

- печериці підземні;

- геліоопалювальні та водонагрівальні пристрої;

- геліоводопідійомники НВО "Квант": ФЕС-20П 20 ВТ; ФЕС-40П 40 ВТ (ємність акумуляторів 15 та 30 А /год);

- вітродвигуни: потрібно знизити їхню металоємність (з 310 кг на 1 кВт) та розширити зону їх застосування у технологіях;

- заміна комбікормів високоврожайними культурами;

- зниження невідновлюваної енергії у кормовиробництві, хоча за великих витрат створюються небезпечні наслідки для навколишнього середовища: Осадчий В.К. у 1989 відзначив, що 15 ГДж/га є екологічною границею;

- зниження використання отрутохімікатів, заміна їх екологічно чистими технологіями;

- використання високопродуктивних доїльних систем "Тандем",

"Ялинка", "Карусель";

- використання багатоярусних клітинних батарей у пташниках;
- розробка нових засобів автоматизації та робототехніки;
- використання геліосушильних цехів;
- використання багатокомпонентних та збалансованих кормосумішей;
- зниження втрат корму при їх заготівлі, зберіганні та використанні.

Осадчий В.К. констатував, що «подальший розвиток сільського господарства в умовах широкого застосування інтенсивних технологій пов'язаний із заміщенням витрат живої праці машинами, що веде до зростання споживаної енергії, акумульованої в МТП. При цьому постійно треба вирішувати дві суперечливі завдання: підвищення врожайності культур, яке пов'язане зі зростанням енергетичних витрат на добрива, хімікати, зрошення, техніку, паливо; та зростання споживання невідновлюваної енергії, отрутохімікатів, добрив і палива, які призводять до руйнування екологічного середовища». У цих умовах не викликає сумніву необхідність енергетичного підходу для оцінки інтенсивних технологій, основного врожаю та всієї біомаси, що вирощується.

Таблиця 6.1.

Добова потреба МТФ на 400 корів в енергії та джерела її покриття

Показники	Види навантаження			
	опалення	вентиляція	гаряче водопостачання	разом
Теплопостачання, ГДж/добу	0,70	- 0,96	0,34	2,0
Джерела покриття навантаження:				
теплонасоси	-	-	0,04	0,04
Теплообмін (вентиляційний викид)	-	0,50	-	0,50
геліоустановка	0,24	-	0,12	0,36
вітроагрегат	0,16	-	0,08	0,24
позапіковий акумулятор електроенергії	0,30	0,46	0,10	0,86

Показники, що оцінюють інтенсивну технологію як енергетично ефективну, визначають лише необхідну умову, але цього не достатньо для впровадження даної технології у виробництво. Як достатньої умови на практиці повинна виступати екологічна оцінка нешкідливості технології для навколишнього середовища. На основі пакету програм МЕХСГ на ЄС-1045 для окремих господарств з різних зон країни було розраховано оптимальні комплекти сільськогосподарської техніки з одночасною екологічною оцінкою інтенсивних технологій. За розрахунками екологів витрати невідновлюваної енергії у кількості 15 ГДж/га виявляються тим кордоном, за яким її додаткове споживання являє реальну небезпеку для навколишнього середовища.

Дані таблиці 6.2 вказують на те, що більшість технологій у Молдові перевищують екологічну норму, і це відбувається головним чином за рахунок хімізації.

Ще на етапі планування необхідно домагатися створення перспективних технологій обробітку сільськогосподарських культур, оскільки тільки тут можна усунути або замінити багато енергоємних процесів, знизити енергоємність кінцевої продукції, підвищити ступінь екологічності технологій. Підвищення рівня екологічної чистоти технологій дозволить зменшити витрати на охорону довкілля.

Таблиця 6.2.

Біоенергетична ефективність та екологічна оцінка технологій рослинництва Молдови

Найменування культури	Коефіцієнти енергетичної ефективності		Екологічна оцінка ГДж/га
	за основним врожаєм	з біомаси	
Озимі культури	2,09	5,23	18,9
Ярі культури	2,46	7,39	22,3
Кукурудза на зерно	2,15	5,17	34,4
Зернобобові	1,34	2,67	13,0
Сорго на зерно	2,53	5,32	17,5
Цукровий буряк	1,51	1,90	40,9
Тютюн	0,58	0,60	14,5
Соняшник	1,64	9,84	19,2
Картопля	0,34	0,62	16,8
Квасоля та соя	1,94	3,87	8,7
Томати розсадні	0,62	1,05	57,4
Томати безрозсадні	0,53	0,90	64,6
Зелений горошок	0,44	0,74	10,6
Капуста	0,75	1,28	37,0
Цибуля	0,56	0,95	16,9
Кормовий буряк	5,76	9,80	27,6
Кукурудза на силос	5,04	5,04	20,5
Однорічні трави	0,69	0,69	13,6
Багаторічні трави	1,29	1,29	16,9
Сади плодіві	0,42	0,42	23,1
Виноградник, що плодоносить	0,43	0,43	23,1

6.2. Технічний прогрес у технологіях

6.2.1.. Ефективність технічного прогресу

Існує велика кількість оцінок ефективності технічного прогресу . Проте більшість із них вимагають громіздкого розрахунку. Юровицький [47] запропонував оригінальну просту методику аналізу ефективності технічного прогресу.

Припустимо, що витрати на виробництво продукту складають:

$$Z(n)=A+na \quad (6.32)$$

де A – витрати на розробку, наукові дослідження, експеримент, купівлю ліцензій на патенти винахідників та інші підготовчі витрати; n – число одиниць продукції; a – виробничі витрати на одиницю продукції.

Виробнича вартість одиниці продукції становить

$$C(n) = A/n + a \quad (6.33)$$

Відносна ціна створення продукції визначається як

$$K = A/a \quad (6.34)$$

Виробничу вартість одиниці товару можна визначити із

$$C = a(1 + K/n) \quad (6.35)$$

Із рівняння (6.35) випливає, що чинник « a » можна знизити при реалізації потокового виробництва. Фактор « A » зростає завжди, відповідно як і фактор « K ». З формули (6.34) ринкову ціну товару не визначити, оскільки ціна складається з виробничих та ринкових розрахунків.

Фактор «ціни» немає рішення як за ринкового, так і за планового ведення господарства, де її призначають суб'єктивно залежно від балансу бюджету держави. При ринковому господарстві ціна товару залежить від покупця та продавця, формуючи ціну «по кишені» або «справедливу ціну».

Нехай «справедлива ціна» є

$$C' = \kappa a' = a'(1 + X), \quad (6.36)$$

де a' - вартість товару у виробництві; X - певна норма творчої вартості (поняття, що відсутнє у виробництві).

Тоді ціна товару складає

$$C_0 = a(1 + X) \quad (6.37)$$

З формул (6.35) і (6.37) випливає, що вартість та ціна різняться.

Нехай $C = C_0$, тоді $a(1 + K/n) = a(1 + X)$.

Звідси плановий обсяг виробництва становить

$$n_0 = K/X \quad (6.38)$$

Збільшуючи n_0 , виявляються умови для отримання прибутку, а відповідно при зменшенні n_0 - збитки. Звідси випливає, як вважає В.

Юровицький, що надприбутки закладаються не стільки з фази виробництва, як з фази винаходу продукту, оскільки виробництво може тільки погіршити якість вихідного зразка продукту. Отже, купуючи винахід, завод ризикує більше, ніж 100 років тому, коли не було конкуренції. Тому, враховуючи тези Юровицького, є невірним твердження, що найголовніше у виробництві – це продуктивність. Більш вагомим у даному ракурсі виявляється високий попит на товар та монополія виробництва. В іншому випадку конкуренти зведуть надприбутки до певної норми. Але якщо монополія всюди заборонена, то поза заборонаю залишається монополія патенту на винахід. Попит залежить від новизни товару, тобто від винаходу. Значить надприбутки отримає той, хто першим використовує винахід.

Але що зростає швидше із чинників рівності (6.38)? Якщо зростає параметр «К», то це вимагає ускладнення техніки, конкуренції, прагнення до надприбутку. Такий процес можна назвати інтенсифікацією. При зростанні параметру «Х» виявляється прояв певного психоекономічного чинника, що властивий консерватизму. Отже за умов як еволюції, так і революції науково-технічного прогресу чинник «К» завжди зростає швидше, ніж чинник «Х».

Нехай існує певний критерій «Е» економічної системи (національний дохід, валове виробництво тощо). Тоді потреба у товарі пропорційна обсягу економічної системи (Е), тобто $N=f(E)$. Для будь-якого обсягу товару потрібна відповідна потужність економічної системи $E=\varphi(N)$. Нехай економічно обґрунтоване виробництво має якусь критичну систему економіки, для якої можна відзначити:

$$E_{кр} = \varphi(n_0) = \varphi(K/X) \quad (6.39)$$

Представлена система є еквівалентною безприбутковому виробництву. Значить, абстрактно існує і закритична система, яка має більший обсяг виробництва, ніж у критичній. У такій системі надприбуткове виробництво означає існування нерівності $E_{докр} > E_{кр}$.

Тому відповідно $E_{докр} < E_{кр} < E_{закр}$

При $E_{докр}$ потреба у товарі є меншою за економічно обґрунтований обсяг. Тоді можна відзначити, що таке виробництво буде збитковим через надлишок товару, що не реалізовується. При $E_{закр}$ можливий надприбуток: науково-технічний прогрес стане необхідним в умовах закритичної системи та неможливий у докритичній системі.

Таким чином, для нівелювання кризи виробництва економічна доцільність створення нової техніки обґрунтовується з рівності

$$E_{кр} = \varphi(K/X) \quad (6.40)$$

Виходи з кризи виробництва можуть здійснитися такими шляхами:

1) Необхідно зменшити праву частину рівності (6.40), а саме ціну, що забезпечить створення закритичної системи. Такий шлях завжди супроводжується політичними труднощами, оскільки вони пов'язані зі зменшенням зарплати розробників і виробників техніки, безробіттям.

2) Необхідно збільшити чинник «X», тобто збільшити норму творчої вартості, проте вона є стихійною.

3) Необхідно уповільнити функцію φ , але вона обернено пропорційна відносної потреби у новій техніці на одиницю обсягу продукції, оскільки чим більше потреба, тим менше $E_{кр}$.

У незначній докритичній системі розвиток можливий лише за широкого зовнішнього ринку, що також є своєрідним шляхом виходу з кризи.

Критичні обсяги виробництва не можна перевищувати, оскільки затоварювання робить закритичну систему докритичною. Докритична і критична системи здатні паралельно існувати лише за планового господарства. Для імпорту нової техніки замкнена (зокрема, соціалістична) система економіки потребує позики або розпродажу сировини. До середини 1960-х років економіка СРСР була закритичною, потім перейшла в критичну (застійну), а перебудова 1985-1991 років привела економіку до докритичної

кризи. За кордоном у цей час використали винаходи у капіталомістких галузях техніки (космос, комп'ютери, морський видобуток нафти, хімія), у яких творчі витрати є великі. У СРСР зростання загальної могутності звело економіку у докритичний стан, оскільки тривале підтримання критичного (застійного) виробництва перекривалося лише розпродажем природних ресурсів. Економіка СРСР стала збитково працювати на користь Заходу, забезпечуючи йому зростання робочих місць і постачання сировини при затоваренні у власному виробництві та падінні власних обсягів виробництва. Таким чином, за колосальної переваги у кількості винаходів, СРСР програв у темпах їх впровадження, що і стало головною причиною стратегічної поразки його економіки.

Досвід господарств-мільйонерів при соціалізмі показує, що їх благополуччя було засноване на використанні новинок у технологіях, селекції, техніці, заохоченні винахідництва та раціоналізації, на постійному підвищенні кваліфікації кадрів усіх категорій, на раціональному використанні оборотних коштів. Радянська модель конвергенції соціалізму і капіталізму обернулася ураженням соціалізму в СРСР та у результаті - його розпадом. Проте успішною залишається поки що китайська модель, що забезпечує найвищі у світі темпи приросту виробництва.

Юровицький не вказує на другу причину краху економіки СРСР. На нашу думку, це було передчасне скасування державної монополії на зовнішню торгівлю до ліквідації дотацій держави на товари. У результаті дешеві товари пішли за кордон, звідти капітал не повернувся, а заводи збанкрутували через зникнення обігових коштів та ліквідацію держдотацій на дитячі, вовняні, лляні, залізоскоб'яні, електричні та інші товари.

6.2.2. Критерій прибутку за впливу технічного прогресу

Фактично за Юровицьким двигуном прогресу є винахідництво, а рушієм – торгівля. Тепер доведемо, чому за соціалізму опинилася поза

економічною зацікавленістю технічна інтелігенція на підприємствах. Дійсно, в СРСР було досить багато легальних мільйонерів серед винахідників, письменників, художників та артистів, які мали свободу творчості та свободу продажу продуктів своєї праці. Натомість усі мільйонери зі сфери торгівлі та виробництва знаходились в умовах соціалізму у своєрідному «підпіллі», тому що їхні доходи вважалися нетрудовими та переслідувалися за законом. Саме за рахунок тіньової торгівлі та виробництва була й існує сучасна мафія у нинішніх країнах соціалістичної орієнтації.

Не оминула мафія й технічну інтелігенцію, таємно використовуючи, скуповуючи в неї краці винаходи або примушуючи винахідників поділитися доходом шляхом приписування підставних осіб у співавтори до винахідника. Не дивно, що таким співавторством зловживали керівники заводів, працівники міністерств. Дане явище можна ототожнити з бюрократичною корупцією чи хабарництвом.

Виведемо нашу модель «прибутку виробництва», розвиваючи міркування Юровицького. Вважаємо, що має місце прибуток (Π), який входить доданком до собівартості (C): тоді оптова ціна товару (C_ϕ) дорівнює їх сумі, тобто

$$C_\phi = C + \Pi = a(1 + K/n_\phi) + U \quad (6.41)$$

де n_ϕ - фактична кількість виробів.

Враховуючи попередні розрахунки, отримаємо шукану модель прибутку у вигляді

$$\Pi = C_\phi - C + Ka\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n_\phi}\right) \quad (6.42)$$

Зробимо аналіз наступних варіантів реалізації даної моделі.

Варіант 1: $\Pi < 0$. Саме збиткове виробництво передбачає, що $\Pi < 0$. Це можливо, якщо $C_\phi < C$, що означає продаж виробів за ціною, нижчою від їх собівартості. Збиток також неминучий, якщо підприємство втратило ринок

збуту, якщо $\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n_\phi}\right) < 0$, тобто, якщо $n_\phi < n$. Можливо так само, що знизився

попит на вироби і кількість виробів є меншою від планового. Серед інших причин такої ситуації можна відзначити, наприклад, збитки через страйк, аварії, стихійні лиха, зрив поставок сировини або енергії тощо.

Варіант 2: $\Pi = 0$, що відповідає застійному безприбутковому виробництву. Застійне виробництво ($\Pi = 0$) можливе у разі:

- а) $C_\phi = C$ - продаж продукції за собівартістю;
- б) $n_\phi = n$ - не розширюється ринок, не зростає попит.

Варіант 3: *прибуткове виробництво* ($Y > 0$), яке можливе у випадках:

а) $C_\phi > C$ - оптова ціна більша за виробничу вартість, але цього не достатньо;

б) $n_\phi > n$ - зростає попит продукції, тому підприємство перевищило план за кількістю випуску виробів.

в) $a \rightarrow \infty$ - зростають питомі витрати на виробництво (зростає зарплата, закуповується нова техніка, сировина і т.д.). Але чим більша кількість виробів, тим менші питомі витрати на прогрес усередині підприємства.

г) $K \rightarrow \infty$ - зростають витрати на закупівлю нових патентів на винаходи і витрати на конструкторські роботи. Якщо дані витрати є достатньо великими, то при масовому виробництві вони окупляться, адже одночасно $n_\phi \rightarrow \infty$. При цьому витрати a і K слід окупити з прибутком, що досягається за рахунок збільшення чинника K_a / n у проекті, тобто зростанням витрат (перебільшуючи їх для заохочення винахідників і конструкторів), ускладненням виробництва, підвищенням кваліфікації кадрів і водночас обережним прогнозом на попит (« n » у знаменнику потрібно «зменшити»).

Зменшення фактору K_a / n_ϕ у виробництві досягається зменшенням чисельника за рахунок впровадження автоматизації та роботів, застосуванням

найкращих технологій. Знаменник необхідно збільшити, тобто збільшувати фактичну кількість виробів. Це досягається розширенням ринку збуту, для чого буде потрібно збільшення, наприклад, фактору «Х» за рахунок витрат на рекламу продукції та закупівлі ліцензій на право виробництва виробів за запатентованими ідеями винахідників. Купуючи ліцензію на патент, підприємство стає монополістом використання патенту, тоді як інші монопольні дії переслідуються за законами демократичних держав за ринкової економіки.

Розглянемо приклад прояву витратної економіки в Україні. У середині 70-х років на завод тракторних агрегатів у Мелітополі звернулися московські винахідники з пропозицією поставити на завод за собівартістю кілька дешевих верстатів (точніше пристосувань до токарних верстатів, що простоюють) для шліфування циліндрів гідропідйомників. Пристосування сподобалися, але не були куплені, оскільки за статтею «витрати на нову техніку» заводу за планом потрібно було терміново витратити кілька мільйонів гривень. Тому були закуплені німецькі верстати, які характеризувались громіздкістю, низькою продуктивністю, ненадійністю та оцінювались невиправдано високими коштами. Незабаром верстати вийшли з ладу, але нових коштів держава вже не могла виділити через скорочення видобутку нафти у регіоні. Завод звернувся до тих самих винахідників, які за добу доставили, встановили та випробували свої вироби. Ефект за продуктивністю та якістю був настільки великий, що головний інженер дав розпорядження погіршувати якість шліфування до колишнього, вручну протираючи циліндри піском для перетворення дзеркальної поверхні на матову.

На цьому прикладі прослідковуються такі прояви «економіки абсурдів і парадоксів» за контекстом Д. Валового: фіктивне збільшення фактору «Х», прибуток від якого отримав не завод, а західнонімецька фірма; резервування підвищення якості виробів на майбутнє, оскільки за діючим кошторисом п'ятирічного плану завод не міг негайно отримати прибуток за рахунок

якості виробів; безкоштовної експлуатації праці вітчизняних винахідників; ігнорування інтересів власної держави та інтересів співгромадян, розбазарювання ресурсів своєї держави на користь зарубіжних фірм.

Здавалося б, наша модель не враховує податки держави. Однак зручність моделі дозволяє врахувати й податки. Річ у тім, що величина прибутку є питомою, тобто віднесеною до одиниці продукції. Зарплата вже врахована (фактор « a »), тому при сплачуванні податку з одиниці продукції підприємство не збанкрутує, поки є будь-який питомий прибуток. Загальний обсяг прибутку можна збільшити за допомогою зростання кількості виробів. Модель справедлива для будь-якого виду діяльності, проте держава завжди здатна вплинути на підприємство. Коли керівник скаржиться, «що із збільшенням кількості виробів зростають податки і працювати стає не вигідно», він лукавить, адже одночасно, чим більше виробів, тим більше складала сума прибутку, якщо є питомий прибуток. Коли прибуток зменшується, то капітал неминуче спрямовується туди, де прибуток більший, навіть за межі держави. Очевидними виявляються прості способи реалізації такого розподілу коштів, а саме, через купівлю акцій інших підприємств; вклади до інших банків тощо.

Антимонopolне законодавство та захист прав споживача регулюють прибуток. Суспільство захисту споживача може вимагати пояснення зростання ціни виробу і навіть повернення збитків споживача. Захистом підприємства є вміло сформульована реклама продукції. Наприклад, підприємство А стверджує, що його пральний порошок зводить плями на тканинах, тому його ціна вища. Воно знайде свого покупця. Підприємство Б шукає покупця без плям на одязі та рекламує свій порошок так: «наш порошок теж виконує прання одягу, так навіщо вам платити дорожче?» У цьому підприємство А приховує, що його порошок зменшує термін служби тканин, а підприємство Б замовчує, що його порошок не зводить плями.

У Франції курка із двору селянина продається за ціною у 4 рази

більшою, ніж із птахофабрики. Селянин рекламує, що його курка гуляла городом, щипала різні трави, не отримувала ліків, тому м'ясо смачніше, ніж із фабрики. Таке твердження знаходить свого покупця. Птахофабрика рекламує тушки курей, стверджуючи, що культура виробництва дозволила вигодувати курей на збалансованих кормах, мікроелементах і вітамінах, тому тушки не мають жиру, а отже й холестерину. Окрім того, тушки продаються за доступною ціною. Така реклама також переконає частину покупців. Саме тому фахівці лукавлять, стверджуючи, що «реклама - двигун прогресу». З моделі Юровицького переконливо впливає, що «двигуном прогресу» є винахідник, а торгівля з рекламою лише «рушієм» (колесом, гусеницею, гвинтом тощо). Забігаючи вперед, до вивчення систем, скажемо, що підприємства, що випускають продукцію, відносяться до ланок систем, що мають роль «інструменту», тому заводи та фабрики - це «інструмент прогресу». За «теорією біотехнічних систем» виявляється, що винахідник зовсім не є «двигуном прогресу», а відноситься до категорії ланки з назвою «оператор системи», який визначає програму та правила дії системи, що виробляє продукцію, а тому має право на прибуток від продукції. Двигуном прогресу є ланка з джерелом енергії, а спрощена у великих географічних просторах ця ланка системи визначається поняттям «енергетика», а в малих біотехнічних системах називається ланкою «верстат», зрозуміло, оснащений певним двигуном або рушійним органом.

Важливо те, що у моделі Юровицького і нашій моделі винаходи оцінюються як «інтелектуальний продукт», тобто товар, що трансформується на його еквівалент - гроші. За радянським законодавством винахідники мали наступні пільги:

- безкоштовна експертиза та видача свідоцтва на винахід;
- безкоштовне використання винаходу;
- заохочувальні премії в обхід фонду зарплати зі спеціального фонду на розвиток винахідництва та раціоналізації за рахунок держбюджету;

- неоподатковуваний дохід винахідника до 1000 гривень від прибутку підприємства при впровадженні винаходу; витрати па використання ставилися за допомогою держави, але входили у собівартість продукції;
- винахідники нагороджувалися медаллю «Винахідник СРСР» після першого ж впровадження його винаходу;
- у трудову книжку у розділі «заохочення» вписувалися назви розроблених ним рацпропозицій (і заохочень), суми авторських винагород за впроваджені винаходи та рацпропозиції, а також вносилися накази про заохочення за творчість, зазначався розмір премії;
- товариство винахідників і раціоналізаторів надавало юридичну та фінансову допомогу при оформленні та впровадженні винаходів та рацпропозицій;
- винахідникам надавалась пільгова квартира нарівні з вченими з додатковою кімнатою як робочий кабінет та технічна бібліотека з архівом творчих документів;
- оплата відряджень, творчі відпустки для впровадження винаходів на інших підприємствах.

Єдиним недоліком радянського законодавства про винахідників було обмеження суми авторської винагороди, що складали:

- 5000 рублів при видачі диплома на винахід;
- 2% від суми економії від винаходу в СРСР;
- 3% від суми за продаж ліцензії на винахід за кордон; решта суми залишалася у розпорядженні Держкомітету у справах винаходів і перераховувалася до держбюджету;
- трохи більше 5000 рублів за 1 раціональну пропозицію.

Пільги сприяли тому, що до половини винаходів світу були радянськими, але впроваджувалися вони найчастіше за кордоном, ніж у

СРСР. Термін застосування винаходів СРСР розтягувався від 2 до 20 років, загалом 12 років; у той самий час США даний термін у середньому складав 7... 9 років, а у Японії – 4...6 років. Оскільки темпи впровадження винаходів визначають темпи розвитку технічного прогресу в країні, то недоліки впровадження послужили однією з причин першої і одночасно останньої економічної кризи СРСР.

Слід визнати, що винаходи як «інтелектуальний товар» впливають не тільки на економіку, але й на ефективність енергетики як двигуна прогресу. Отже винаходи частково є елементами «двигуна прогресу» у глобальних надсистемах людського суспільства, у чому Юровицький побачив суть прогресу.

У пострадянські часи кількість винаходів на територіях колишнього СРСР усюди (без винятків) багаторазово знизилася через ліквідацію пільг винахідників; практики видачі безкоштовного «авторського свідоцтва на винахід» або «патенту на корисну модель». Інтелектуальна вага залишалася у «патенті України на винахід», що паралельно функціонував у державі, але для підтримання якого вже необхідно винахіднику віддавати достатньо високі кошти. Разом із цим, за експертизу заявки та отримання патенту також вимагали оплату, що нерідко було непосильно для молодого фахівця.

Натомість право продажу патенту перейшло від досвідчених працівників Держкомвинаходів до рук не завжди досвідчених винахідників. У деяких установах ще зберігся статус раціоналізатора. Загалом процес визнання авторства став більш раціональним, але економічно більш ризикованим, нові держави відсторонилися від фінансування впровадження винаходів, складаючи ці функції підприємствам або самим винахідникам. Таким чином, успіх винахідника при впровадженні винаходів став залежати від промислових підприємств, але на більш захищеному (юридично) рівні - від свавілля хибних співавторів.

6.3. Енергозберігаючі технології

6.3.1. Альтернативні джерела енергії

Темпи видобутку невідновлюваних запасів палива (нафти, газу, вугілля, сланцю, торфу) настільки великі, що фахівці прогнозують їхнє вичерпання за 100-150 років, а вугілля за 200-300 років. У зарубіжних країнах альтернативні (нетрадиційні) джерела енергії - сонце, вітер, біогаз, використовуються для сушіння сіна і кормів, нагріву води, обробки гною і опалювання. Одним з основних альтернативних варіантів енергозабезпечення технологічних процесів в тваринництві є використання енергії сонця. Тому потрібна розробка технічних засобів і технологій для освоєння нових невичерпних або відновлюваних джерел. До таких джерел відносяться наступні.

Атомна та термоядерна енергетика застосовується у 30 країнах, де діє понад 250 АЕС із загальною потужністю близько 200 млн. кВт. У сільському господарстві енергія АЕС використовується прямо і побічно з метою:

- утилізації надлишкової теплоти для вирощування риб;
- опалення теплиць, зрошення полів;
- використання іонізуючих випромінювань для управління життєдіяльністю рослин і тварин (з метою збільшення врожаїв сільськогосподарських культур і продуктивності тварин, збільшення термінів зберігання продукції, консервації кормів, знезараження гною).

Існують проекти будівництва поряд з АЕС енергоємних підприємств агропромислового комплексу для утилізації тепла, прісної води та добрив. Є проекти малих АЕС для розосереджених сільськогосподарських підприємств у тайзі та тундрі на островах.

Геліоенергетика (грец. helios - сонце) останнім часом набуває все більшого розповсюдження. Квадрат земної поверхні зі стороною 70 км у

Кара-Кумі приймає від Сонця стільки енергії, скільки можна отримати при спалюванні 600 млн т нафти. Існують проекти та діючі установки для гарячого водопостачання, опалення, охолодження будівель, теплиць, для опріснення води, сушіння продуктів, для вирощування мікродоростей та для електропостачання автономних споживачів. Найлегше із них стала реалізація гарячого водопостачання. Для економії 1 млн т палива потрібно використовувати 6 - 7 млн м² сонячних колекторів.

Вітроенергетика також набуває розповсюдження в якості відновлюваного джерела енергії. Сумарна можлива потужність вітроелектростанцій світу становить 5 - 6 МВт. Для таких станцій також потрібні площі землі, де мають вирощуватися рослини. Вітер можна використовувати для отримання не тільки електроенергії, але й для підйому води з колодязів, для опріснення води, для обігріву приміщень та реалізації інших функцій.

Гідроенергетика на теперішній час у світі дозволяє отримати 20% електроенергії. Гідроелектростанції будуються як на річках, так і на узбережжях океанів (приливні електростанції).

Геотермальна енергетика використовує, зазвичай, підземні води з температурою 50 – 200 °С. Гарячі води при цьому можуть залягати на глибині 5 км, але й виходити на поверхню Землі.

Виробництво синтетичного палива здійснюється через вилучення нафти зі сланців та бітумінозних пісків, рідкого та газоподібного палива з вугілля, водню із води. *Біогаз та спирт* отримують у виробництві метану і спирту як палива з органічних відходів із населених пунктів, аграрних та переробних підприємств; що дозволить не тільки заощадити невідновлювану енергію викопного палива, але й покращити екологічну обстановку на Землі.

Додаткову енергію також можна отримати за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій, за рахунок використання машин з високим

ККД, рослин з високим ККД фотосинтезу та тварин з високим коефіцієнтом біоконверсії.

6.3.2. Геліоколектори та геліосушарки

Геліоколектори для систем сонячного теплопостачання можна класифікувати на наступні основні типи:

- відкриті (не засклені);
- плоскі;
- вакуумні

Усі принципи конструювання сонячних колекторів зводяться до забезпечення максимального поглинання сонячної енергії при максимальному зниженню теплових втрат.

Відкриті сонячні колектори - лише одна поглинаюча панель (без корпусу), яка зазвичай виготовляється з пластику чи гуми, стійких до ультрафіолетового випромінювання, і закріплюється безпосередньо до даху. Ці колектори використовуються в одноконтурних системах для нагрівання води в басейнах. Застосовуються, найчастіше, у країнах з теплим кліматом і великою кількістю ясних сонячних днів.

Геліоенергетичні установки або системи, що випускаються в закордонних країнах працюють за принципом концентрації сонячної енергії в колекторах різних типів, а також за принципом фотоелектричного ефекту з використанням спеціальних хімічних сполук для перетворення сонячної енергії в електричну.

Геліосушарки застосовують у географічних зонах надмірної вологості, а для фруктів – у зонах жаркого клімату. Дощова погода призводить до псування сіна у валках. Активне вентилування з використанням теплогенераторів потребує витрат палива. Без підігріву повітря утворюється пліснява та гниль, але підігрів можливий за рахунок енергії сонячного

випромінювання при досушуванні сіна від 32 до 17% вологості, для реалізації чого використовують стаціонарні та переносні розбірні сонячні колектори або геліоколектори (рис.6.2, 6.3).

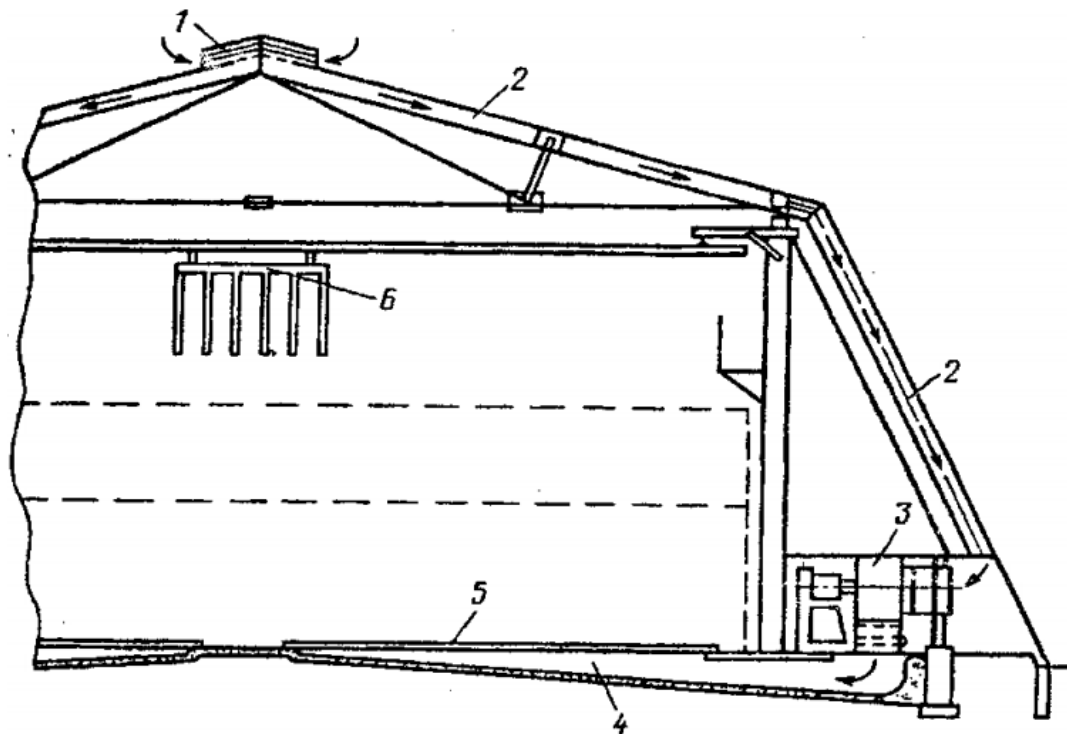


Рис. 6.2. Схема сонячного колектору:

1 – повітрянозабірна шахта; 2 – канал сонячного колектору; 3 – вентилятор ВЦ 4-70 №10; 4 – вентиляційний канал; 6 – рейферний навантажувач

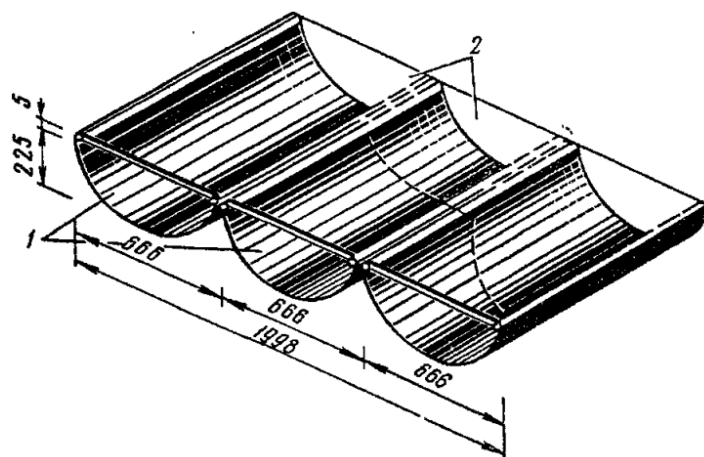


Рис. 6.3. Фрагмент сонячного колектору:

1 – склопластикова оболонка; 2 – прозора армована полівінілхлоридна плівка

Геліосистеми – це один з видів альтернативної енергії. Принцип таких систем полягає в перетворенні сонячної радіації в теплову енергію. Невеликі геліоустановки часто встановлюють в господарствах або на фермах. Їх можна використовувати для нагрівання і охолодження води або повітря сушки різних предметів і взагалі як джерело електроенергії. В багатьох державах світу встановлення таких геліосистем нагороджується державою. І воно дає додатковою економію для систем опалювання.

Для уловлювання сонячного тепла застосовують теплообмінники, що розташовані паралельно, тобто один в одному рукави з поліетиленової плівки. Зовнішній рукав виготовлений із прозорої плівки, а внутрішній – із чорної. Зовнішній патрубок служить зниження втрат тепла, а внутрішній – для його поглинання. Рукави приєднані з одного боку до розподільчого повітропроводу, в який зовнішнє повітря подається вентилятором невеликої потужності. Підігріте у рукавах повітря надходить у збірний повітропровід, звідки подається до вентилятора сушарки, змішуючись у ньому із зовнішнім повітрям у співвідношенні 1:5. У рукавах повітря нагрівається до температури 16 - 31°C, тобто до 35 – 58 °C. Суміш повітря перевищує температуру зовнішнього на 3 – 7 °C. У цьому випадку відносна вологість повітря знижується з 64 до 49 %. Без сонячного підігріву досушування сіна триває 160 год, а з підігрівом - 100 год. Вночі сіно не вентиляють. Вентиляція доцільна при вологості повітря нижче 62%, тому денна вентиляція без підігріву можлива лише протягом 9 год, а з підігрівом – 11 год на добу. Прискорення сушіння покращує якість сіна. Так вміст кормових одиниць на 14,3%, а протеїну на 8,3% виявляється більшим, ніж при досушуванні непідігрітим повітрям. Скорочується і витрати електроенергії на 55 кВт год / 1 т сіна.

Розрахунок робочої поверхні геліоколектора можна зробити за формулою, m^2

$$F = \frac{1,1C_p G_C (\omega_H - \omega_K) \Delta t}{\Delta d T (100 - \omega_H) [H_{np} (\tau\alpha)_{np} + H_{pc} (\tau\alpha)_{pc}] \eta} \quad (6.43)$$

де $C_p = 1012 \text{ Дж}/(\text{кг град})$ - питома теплоємність повітря; G_c - маса сіна кондиційної вологості (17%), кг; ω_H і ω_K - початкова та кінцева вологості сіна, %; Δt - задана температура підігрітого повітря, градусів; $\Delta d = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг вологи на } 1 \text{ кг повітря}$ - вологопоглинальна здатність повітря для умов Білорусії; T - час вентилявання до повної кондиції, год; $H_{np} = 0,81 \text{ МДж}/\text{м}^2$ на 1 год та $H_{pc} = 0,68 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \text{ год})$ - щільність потоку прямого та розсіяного сонячного випромінювання, що падають на одиницю поверхні в умовах Білорусії; $(\tau\alpha)_{np}=0,9$, а $(\tau\alpha)_{pc}=0,85$ - наведена поглинаюча здатність колектору відповідно для прямого та розсіяного випромінювання; $\eta = Q_{пл}/Q_{пг} = 0,5$ - середній коефіцієнт корисної дії геліоколектору, рівний відношенню корисної до поглиненої енергії.

Ахметов М.Ш. [48] рекомендує простий метод розрахунку сушарок для сіна. Площа колектору розраховується за формулою

$$F_K = \frac{Vcy\Delta t}{l\eta_k} \quad (6.44)$$

де F_K - площа сонячного колектору, м^2 ; V - швидкість повітря через шар трави, м/с; $C = 1 \text{ кДж}/(\text{кг град})$ - питома теплоємність повітря; $y = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ - щільність повітря; Δt - приріст температури від підігріву в колекторі, $^{\circ}\text{C}$; l - інтенсивність сонячної радіації у цій місцевості, $\text{кВт}/\text{м}^2$; η_k - коефіцієнт корисної дії колектору.

Швидкість фільтрації залежить від способу сушіння: при досушуванні методом активного вентилявання швидкість становить 0,08 - 0,15 м/с, а в низькотемпературних шарових установках - 0,3 - 0,5 м/с. Відповідно приріст температури становить 2 - 5 $^{\circ}\text{C}$. При шарі трави 4 - 6 м в інтервалі температур 10 - 15 $^{\circ}\text{C}$ (у низькотемпературній сушарці). Сушіння у сіносховищі вимагає площу колектору в 1,15 рази більшу, ніж площа сховища. Це досягається за рахунок прибудови та на рівні даху так, щоб

колектор розмістився на даху сховища та прибудови. Інтенсивність сонячної радіації наводиться у "Довіднику з клімату СРСР" для будь-якої місцевості, наприклад, для Вінниці складає $0,645 \text{ кВт/м}^2$ у червні (табл.6.3).

Таблиця 6.3.

Кліматична характеристика Вінниці (за аналізом Півошенко І.М.)

Місяць	Сонячна радіація, МДж/м ² (за М.І. Гойсою)							
	Q	ФАР*	Вк	Е _{еф}	В	А _к	t	вітер м/с
I	109	55	59	71	-13	60	-5,6	3,7
II	176	90	92	75	17	64	-4,6	3,9
III	324	175	239	105	134	36	-0,2	3,8
IV	440	226	369	147	222	19	7,7	3,7
V	603	307	482	186	293	20	13,9	3,2
VI	645	328	515	193	323	20	17,1	3,0
VII	645	333	515	197	318	20	18,5	2,7
VIII	566	286	453	197	256	20	17,7	2,6
IX	415	205	331	163	168	21	13,2	2,7
X	247	124	197	138	59	23	7,2	3,1
XI	96	47	75	75	0	33	1,7	3,7
XII	75	43	50	64	-17	47	-2,4	3,7
разом	4344	-	3377	1614	1760	середня		
						31	7,8	3,3

*Примітки: швидкість вітру за годинами доби, м/с; Q – сумарна радіація; В – поглинена радіація; E_{еф} – ефективність випромінювання; В – радіаційний баланс; * – за П.А. Палітурка; А_к – відбита радіація (альbedo); витрати поліетиленової плівки, паперу: 360 – 180 м²*

Плівкова геліофруктосушильна установка (рис. 6.4) розроблена в Швейцарії та використовується для сушки плодів і винограду за допомогою сонячної енергії. Установка складається з паралельно розташованих під кутом 20...25° майданчиків, які покриті зачорненим рулонним папером.

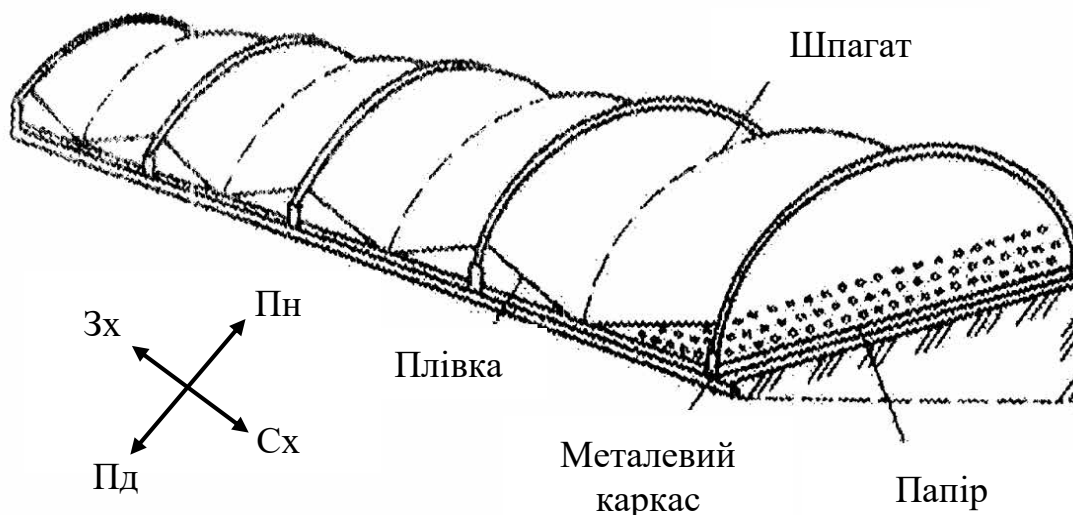


Рис. 6.4. Загальний вигляд похилої плівкової геліофруктосушильної установки

Для зручності укладання і знімання плівки похилий майданчик розділений на секції завдовжки 10,8 м. Верхні і бічні частини установки повністю закривають поліетиленовою плівкою, а спереду, в нижній частині, між плівкою і ґрунтом залишають регульовану щілину шириною 10... 15 см по всій довжині установки, що створює умови для повітрообміну між робочим об'ємом сушарки і навколишнім середовищем. Поліетиленову плівку кріплять до збірно-розбірному металевому каркасу за допомогою накидних шнурів зверху плівки між стійками каркасу.

Сировину після попередньої теплофізичної обробки (бланшування, сульфитація) укладають на рулонний папір (12 кг/м^2), а зверху на каркас натягують поліетиленову плівку (рис.6.4). Сонячні промені, проходячи всередину, поглинаються сировиною. Температура повітря під плівкою збільшується на 20 - 25°C порівняно з навколишньою температурою середовища. Завдяки нахилу сушильних майданчиків до горизонталі та градієнту температури повітря всередині установки і поза нею створюються умови для циркуляції повітря та часткової природної конвекції. Частина сонячної енергії акумулюється в ґрунті, що дозволяє подовжити денний

цикл сушіння на 5 - 6 год. Продуктивність установки – 0,3...0,4 кг сухофруктів з 1 м² протягом доби, променесприймаюча поверхня – 170 м². За сезон можна висушувати 6-6,5 тон. Витрата металу (сталь кругла діаметром 12 мм) – 500 кг, поліетиленової плівки – 360 м², паперу – 180 м².

Закономірності зміни основних параметрів досліджуваних процесів зневоложення представлено на рис.6.5, 6.6.

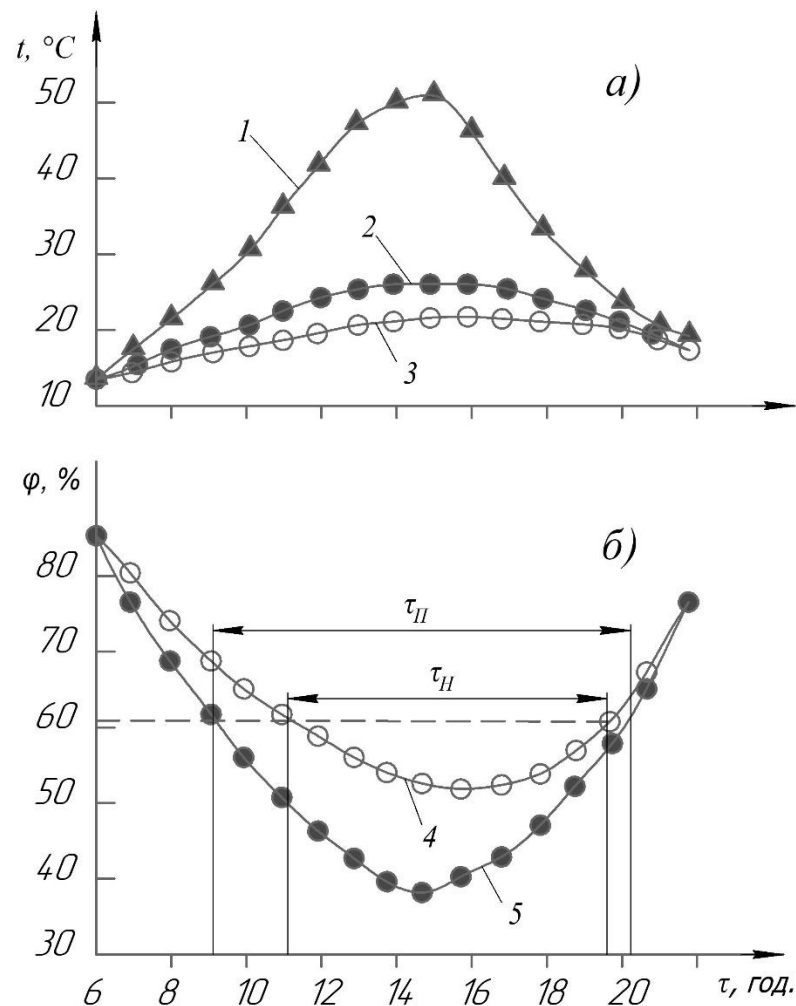


Рис. 6.5. Зміна середніх за період активного вентилявання сіна з використанням сонячного колектору за температури (а) та відносної вологості повітря (б):

1 - температура повітря на виході з колектору; 2, 5 ~ параметри повітря на вході до шару сіна; 3, 4 – те ж саме на вході у колектор, де циркулює неідегріте атмосферне повітря; t_n ~ можливо витримувати протягом дня тривалість вентилявання неідегрітим повітрям при досягненні кондиційної вологості сіна; t_{II} — аналогічна обробка повітрям, що підігрівається у сонячному колекторі.

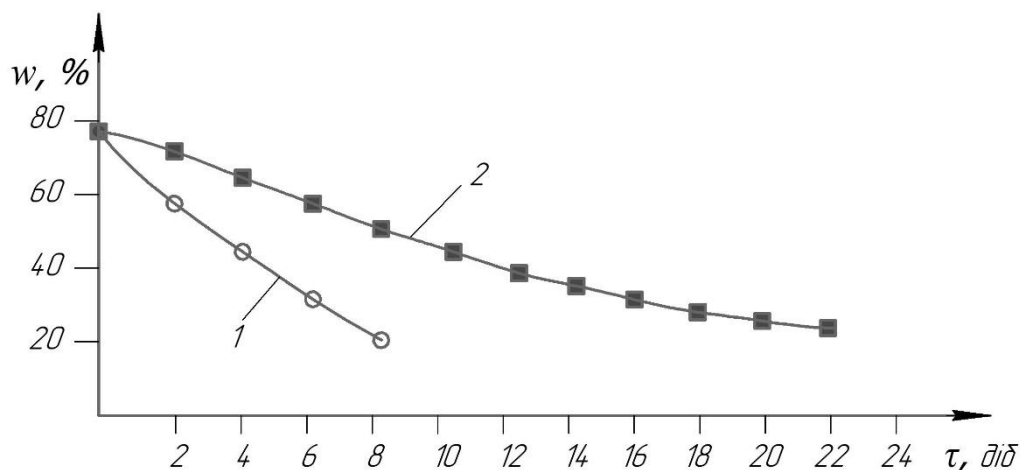


Рис. 6.6. Зміна вологості винограду при сушінні в геліоустановці (1) і на відкритих площах (2)

З рисунка 6.6 видно, що інтенсивність сушіння в геліосушарці майже в 3 рази вище, ніж при сушінні на відкритих майданчиках. У весняний період установку можна використовувати для вирощування ранньої розсади.

В Узбекистані рекомендується до використання найпростіша геліосушарка, що складається з ґрунтового майданчика з плівковим прозорим дахом. Майданчик має ухил $20 - 25^\circ$, що відповідає підвищенню на $20 - 25\%$ щільності сонячного потоку. Температура повітря перевищує зовнішню на $20 - 25^\circ\text{C}$. Майданчик під продукцію вистилається чорним папером. Над майданчиком встановлюють металевий каркас, на який натягується поліетиленова плівка. Майданчик орієнтується поздовжньою віссю із заходу на схід. Бічні та задня стінки повністю закриті плівкою, а низ передньої стінки між землею та плівкою має регульовану щілину шириною $10 - 15\text{ см}$ для повітрообміну. Втрати від розкрадання птахами скорочуються на 3% . Частина тепла акумулюється у ґрунті, що подовжує денний цикл сушіння на $5 - 6\text{ год}$. Питома продуктивність сушарки становить $0,3 - 0,4\text{ кг/м}^2$ на добу.

6.3.3. Геліоводопідйомна та опріснювальна установка

Найпростішим сонячним опріснювачем води є відомий пристрій типу «гарячого ящика» (рис.6.7), що був виконаний у вигляді теплоізовованої та зачорненої зсередини судини, днище якої заливається солоною водою. Посудина була закрита прозорим матеріалом, що виготовлявся із скла, оргскла, полімерної плівки. Сонячні промені випаровують воду, пара конденсується на покритті та стікає до збірної ємкості. Продуктивність даної установки складає 3 - 5 л/добу на 1 м²; що ефективно може бути використана у місцевостях із дефіцитом прісної води. Для морських і повітряних суден на випадок лиха у морі можуть знайти використання опріснювачі надувної конструкції.

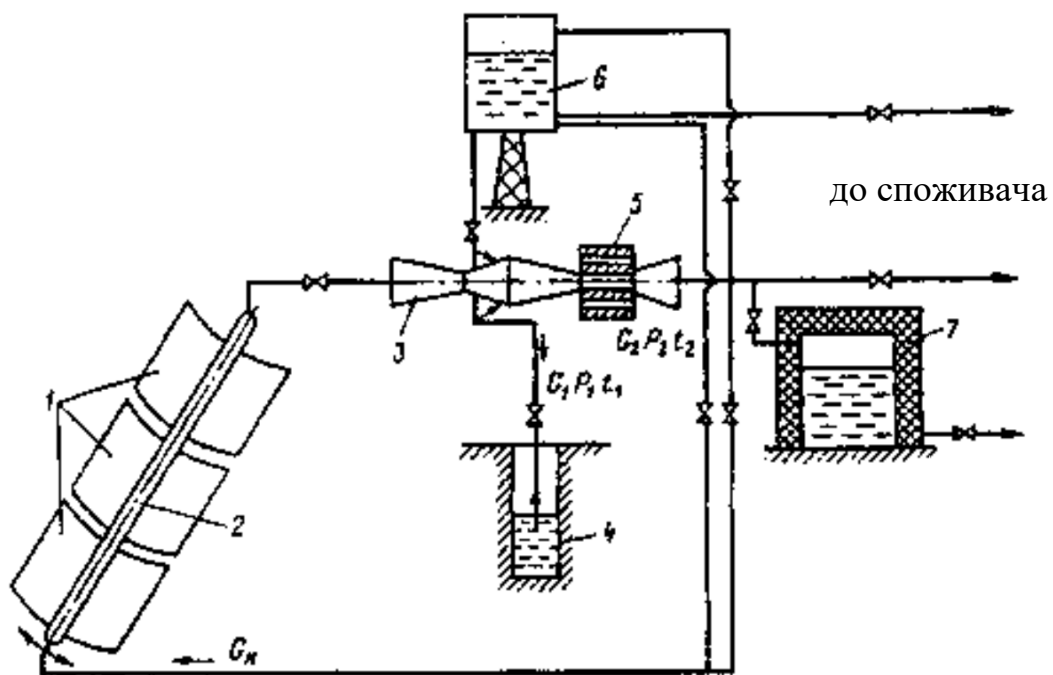


Рис. 6.7. Принципова схема геліоводопідйомної установки

Для тваринництва ефективного використання можуть знайти автономні джерела енергії, зокрема, сонячна водопідйомна установка. Така машина складається з концентратора променів 1 (рис.6.7) з площею дзеркала 25 м², приймача енергії 2, струминного насоса-інжектора-

конденсатора 3 з горловиною змінного перерізу 5, пускового бака 6, бака-акумулятора 7, джерела 4.

Під дією сконцентрованих променів у приймачі 2 утворюється пароводяна суміш з температурою $100...110^{\circ}\text{C}$, з тиском $p = 0,1...0,12 \text{ МПа}$. При надходженні до інжектору суміш розганяється у соплі Лавалю до високих швидкостей, у результаті чого тиск стає нижче атмосферного тиску і вода з колодязя 4 підсмоктується у сопло. У процесі пуску установки воду подають із бака 6. Суміш конденсується під впливом охолодженої води, що посилює величину вакууму до величини $10...20 \text{ кПа}$. У хвості сопла швидкість потоку падає, а тиск збільшується до $0,35 \text{ МПа}$, що сприяє перекачуванню води у баки 7 і 6. У насосі немає деталей, що рухаються, тому термін його служби є достатньо великим. Інжектор при цьому відіграє роль теплообмінника змішувального типу. Загальна висота підйому води інжектором становить до 12 м . Корисна потужність $6 - 8 \text{ кВт}$ при сонячному випромінюванні складає 700 Вт/м^2 , що дозволяє отримати потужність величиною 10 кВт за потоку випромінювання $900 - 925 \text{ Вт/м}^2$ (рис.6.8).

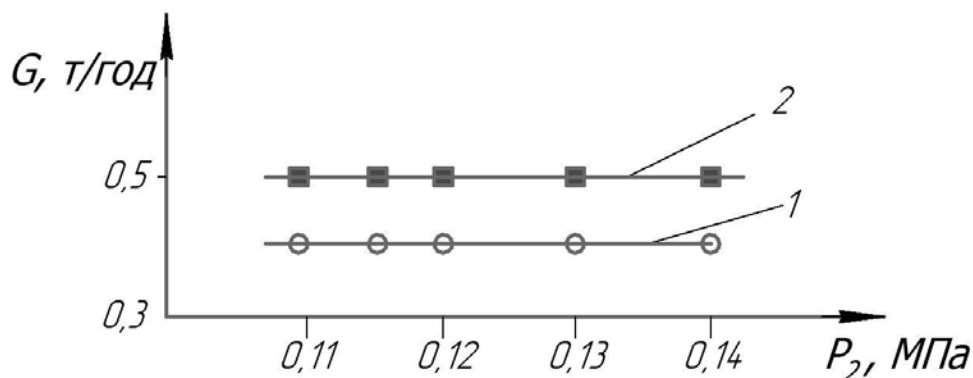


Рис. 6.8. Залежність витрат G_2 і G_1 від тиску P_2 на виході інжектора при $E = 900 \text{ Вт/м}^2$; $t = 27^{\circ}\text{C}$, $v_g = 1 \text{ м/с}$.

Сумарна висота підйому складає постійну величину $H = H_1 + H_2 = 12 \text{ м}$, де H_1 – глибина всмоктування, м; H_2 – висота нагнітання, м.

Кабаков В. І. Та інші [49] зазначають про дану машину, що «установка немає конденсатора, теплообмінників і циркуляційного насоса. Роль цих

елементів виконує насос-інжектор. Струменевий насос-інжектор має невеликі габаритні розміри, в ньому немає рухомих частин, завдяки чому термін його служби досить великий. Високі швидкості теплоносія у насосі перешкоджають відкладенню солей».

При взаємодії з пароводяною сумішшю вода, що надходить із джерела 4, нагрівається. При цьому інжектор виконує роль теплообмінника змішувального типу, що досить високий ККД. Завдяки цьому загальна ефективність установки може досягати 30 - 35%, тоді як ефективність реалізації лише процесу водопіднімання поки що не перевищує 1%. Це характерно для всіх водопідйомних термодинамічних установок невеликої потужності.

Завершення процесу конденсації збігається зі стрибком тиску. У хвостовій частині дифузора тиск P_2 підвищується, на дослідній установці він досягає 0,35 МПа. Цей тиск використовується надалі для перекачування води у збірний бак або подачі її до споживача. При зануренні насоса у свердловину тиск на виході інжектора забезпечує додатковий підйом рідини з джерела.

Температура теплої води, що виходить із колектору у залежності від витрати становить 30 - 47°C. Зміна діаметрів горловини сопла не впливає на витрату та тиск, але впливає на температуру води (рис.6.9). При розташуванні інжектора на висоті 1 м над рівнем води у колодязі витрата становить 0,48 *т/год*, а на висоті 6 м - зменшується до 0,33 *т/год*.

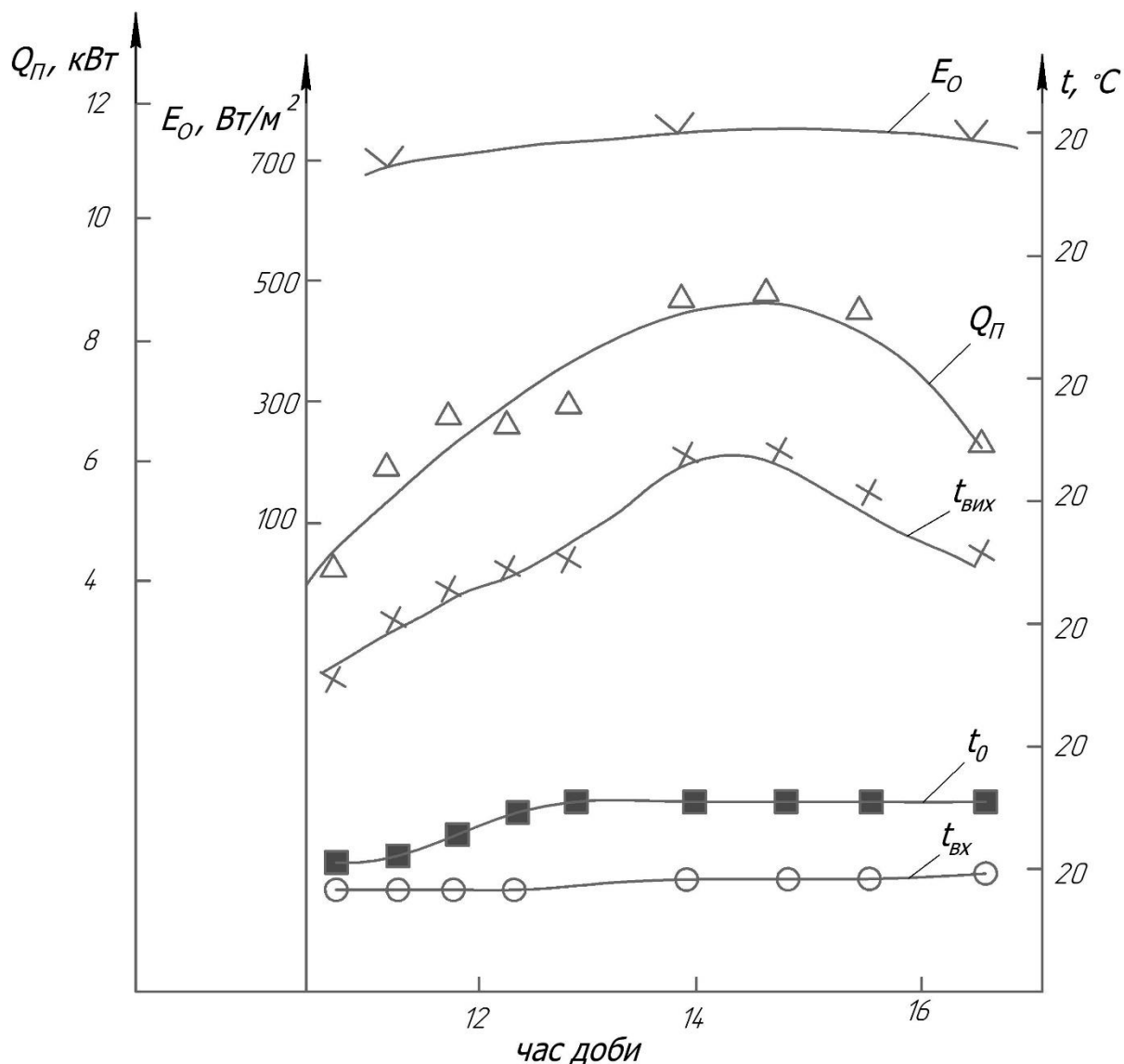


Рис. 6.9. Зміна протягом дня інтенсивності сонячного випромінювання у межах E_0 , теплової потужності колектору Q_n , з температурою води $t_{вх}$ на вході та $t_{вих}$ на виході колектору, температури t_n повітря

Частина теплоти можна використовувати для опріснення води шляхом звичайної дистиляції (перегонки та конденсації) з розведенням дистиляту солоною водою до допустимого солевмісту. За працями Кабакова В.М.: залежність витрати G_2 (а), сумарної висоти підйому H і висоти H (б) від глибини всмоктування Y при $E = 800-900 \text{ Вт/м}^2$, $t = 22-23 \text{ }^{\circ}C$, $v = 0,5-1 \text{ м/с}$, $d = 25-4,5 \text{ мм}$ (рис.6.10).

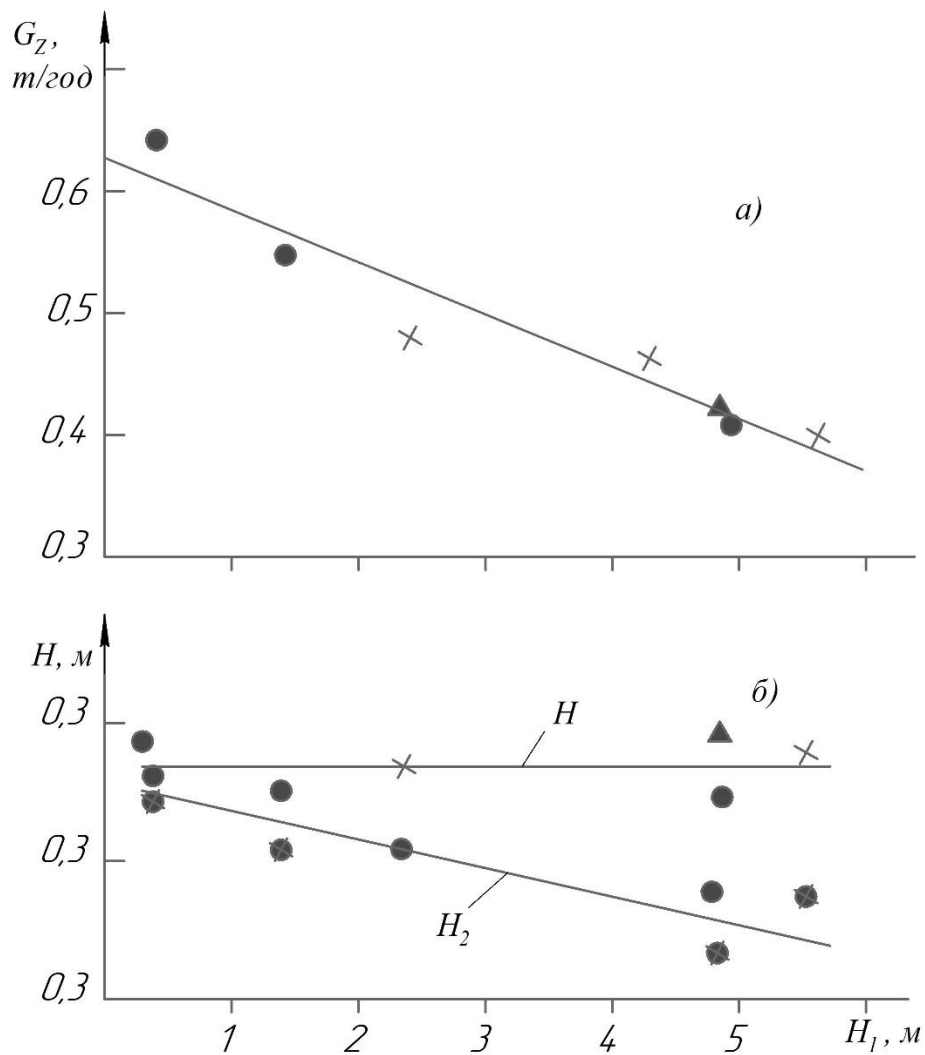


Рис.6.10. Залежність витрати G_2 (а), сумарною висотою підйому H і висоти H_2 (б) від глибини всмоктування H_1 при $E_0 = 800-900 \text{ Вт/м}^2$, $t_0 = 22-23^\circ\text{C}$, $v_0 = 0,5-1 \text{ м/с}$, $d_{\text{ГД}} = 2,5-4,5 \text{ мм}$.

Схема геліюустановки для опалення будівлі та гарячого водопостачання показана на рисунках 6.11, 6.12. Теплосприймаючою поверхнею є чорна поверхня 9 порожнистої панелі, що служить одночасно дахом будівлі. У якості теплоносія може служити вода і органічні рідини-дефепільна суміш і дитолілметан. У похмурі та зимові дні передбачено одержання тепла від додаткових джерел.

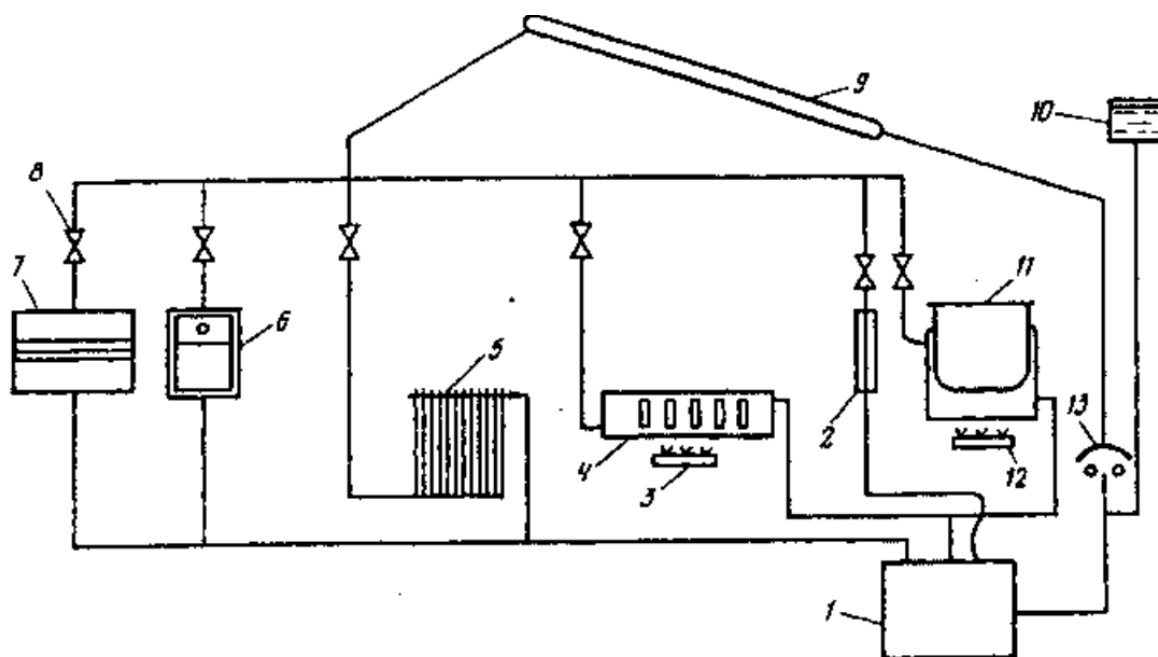


Рис. 6.11. Технологічна схема геліоустановки (за Кімягоровим А., ТСХ, 1989 №3): 1 - збірний бак; 2 - водонагрівач; 3, 12 ~ резервні нагрівачі; 4 – панель для гарячого водопостачання; 5 ~ радіатор; 6 – шафа для теплової обробки; 7 – тепла стійка; 8 - запірно-регулюючі крани; 9 ~ панельний теплоприймач; 10 – розподільний бак; 11 – технологічний котел; 13 ~ насос

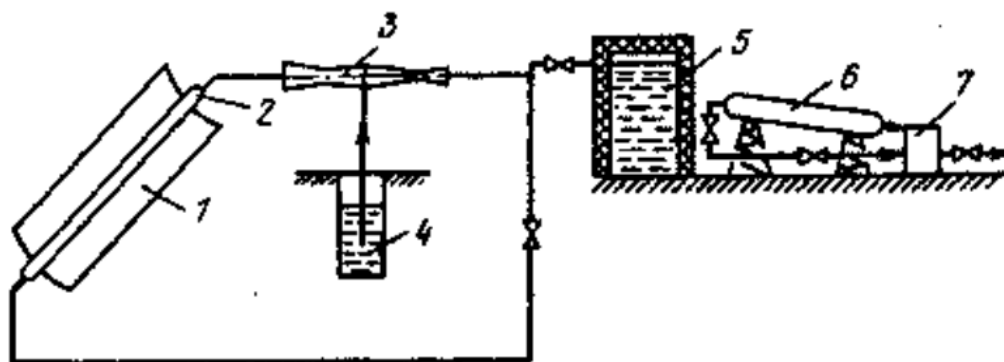


Рис. 6.12. Схема установки для підйому, нагріву та опріснення солоної води з використанням сонячної енергії (за Кабаковим В. І. та ін., ТСХ, 1989 №3): 1 – параболо циліндричний концентратор; 2 – приймач сонячної енергії; 3 ~ струминний насос-інжектор; 4 - джерело солоної води; 5 - збірний бак солоної води; 6 - сонячний опріснювач; 7 - змішувальна ємність.

6.3.4. Вітрогеліотеплопостачання будинку

У зв'язку з розвитком фермерського господарства виникла необхідність створення надійних, екологічно чистих джерел теплової енергії для створення оптимального мікроклімату та гарячого водопостачання у сільських будинках та господарських спорудах фермерської садиби.

ВІЕСХ розроблено експериментальну систему теплопостачання типового сільського будинку, розрахованого на проживання сім'ї з 5 осіб. Вона повністю забезпечує протягом усього року гаряче водопостачання та опалення (рис. 6.13)

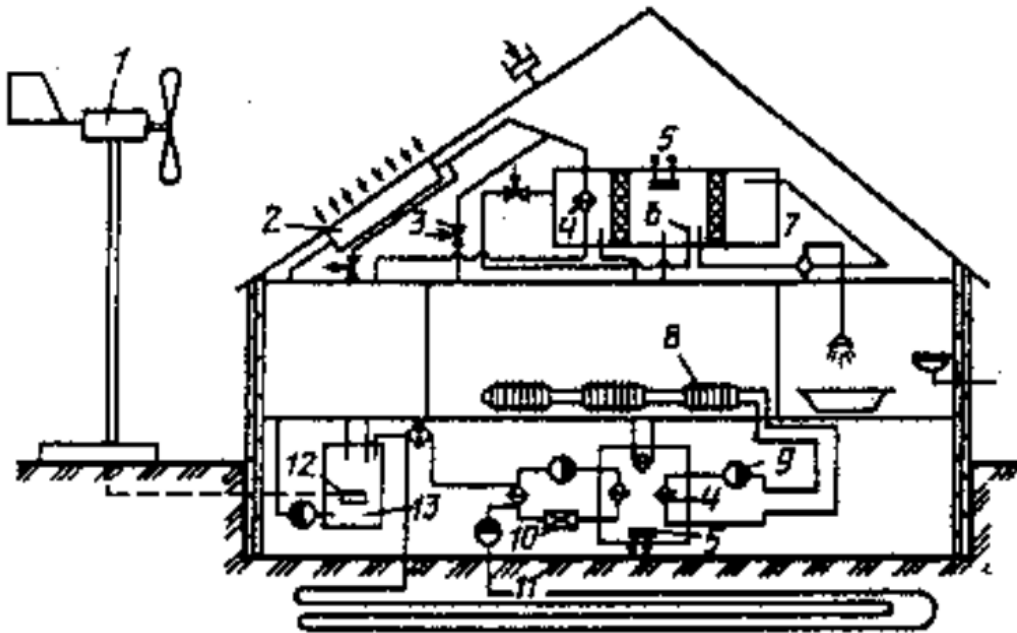


Рис. 6.13. Інтегрована система теплопостачання сільського будинку:

1 — вітрогенератор; 2 — сонячний колектор; 3 - вентиль електромагнітний; 4 - змішувач теплообмінник; 5 ~ рівнемір; 6 – бак-акумулятор комбінований; 7 - система гарячого водопостачання; 8 – система опалення; 9 - насос відцентровий циркуляційний; 10 – тепловий насос; 11 - ґрунтовий теплообмінник; 12 - бак зливний ; 13 - ТЕНи.

Система теплопостачання містить сукупність п'яти структурно пов'язаних підсистем, три із яких служать для прийому низькопотенційної енергії. Дані підсистеми включають ґрунтовий теплообмінник, геліоприймачі сонячного випромінювання.

6.3.4.1. Геліоводонагрівач ГВП-20

При нагріванні води в геліоколекторах виникає градієнт тиску, який викликає циркуляцію води в геліоводопідігрівальній системі. При цьому нагріта в теплообмінниках легша вода піднімається вгору, а на її місце надходить холодна з дна бака. Для максимального використання сонячної енергії геліо-підігрівач встановлюють робочою поверхнею на південь з відхиленням на південний схід або південний захід не більше ніж на 10...15°. Не допускається затінення геліоколекторів будівлями, виробничими об'єктами та зеленими насадженнями. Водопідігрівач ГВП-20 (рис.6.14) у системі водопостачання молочної ферми може працювати реалізацією двох режимів. Холодна вода з водонапірної башти надходить у бак-акумулятор і починає циркулювати через теплообмінник ГВП-20. За сприятливих погодних умов вода нагрівається до необхідної температури сонячною енергією і надходить безпосередньо на розбір. У разі несприятливих умов вода підігрівається у колекторі, далі надходить у електроводопідігрівач, встановлений у приміщенні ферми, де температура підвищується до вимог за нормативами, і далі вода подається на розбір.

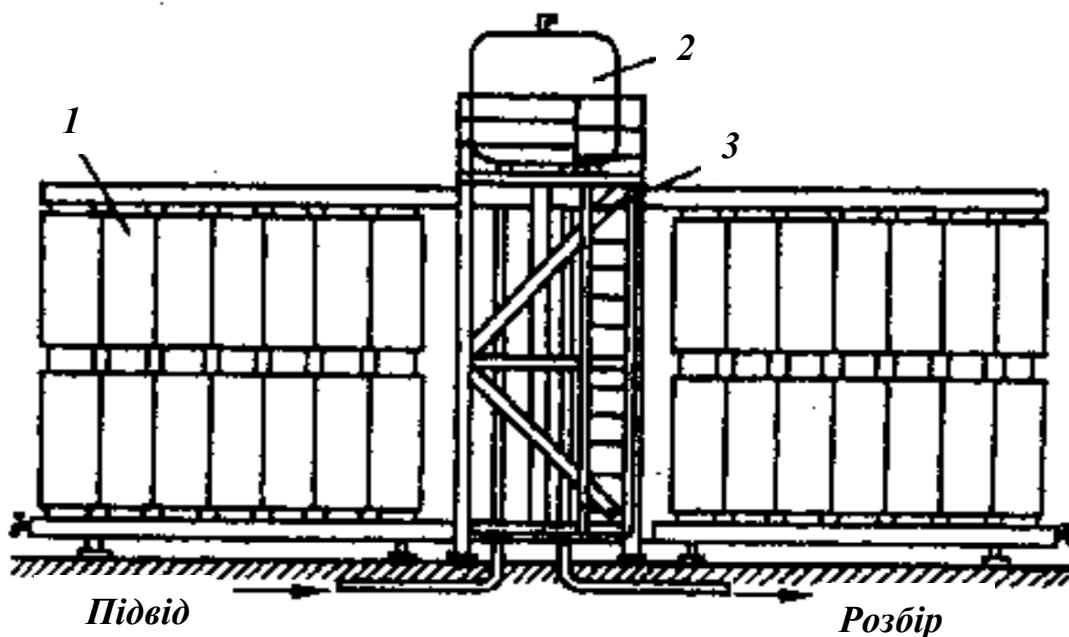


Рис. 6.14. Схема геліоводонагрівача ГВП-20

Взимку вода з водонапірної вежі надходить безпосередньо в електроводопідігрівач і потім на розбір. При подачі води на розбір через електроводопідігрівач температура води на потрібному рівні підтримується автоматично.

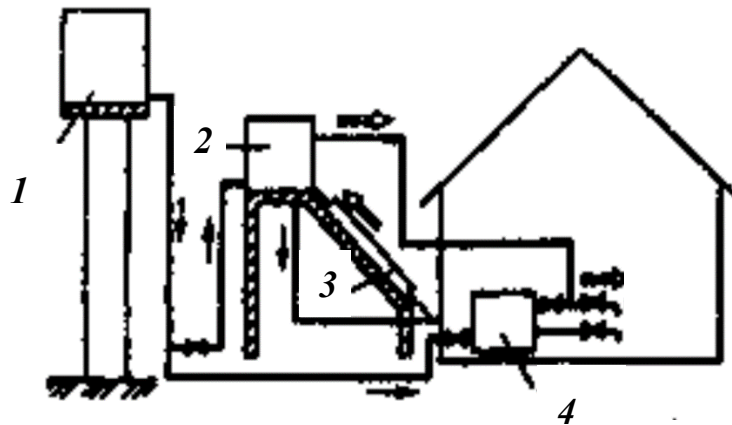


Рис. 6.15. Схема підключення геліоводонагрівача до системи водоспоживання молочної ферми:

1 – водонапірна башта, 2 – бак геліонагрівача, 3 – теплообмінник (сонячний колектор), 4 – електроводонагрівач.

Втрати теплоти геліоустановкою за 14 год охолодження (вечір, ніч, ранок) влітку становить 10% за середньої температури навколишнього повітря $13,5^{\circ}\text{C}$ та величини середньої швидкості вітру 4,2 м/с. Восени (жовтень), коли середня температура повітря дорівнює $7,8^{\circ}\text{C}$, а середня швидкість вітру 3,1 м/с, інтенсивність охолодження води зростає і втрати теплоти за такий же період досягають 23,4%. Низькі втрати накопиченої теплоти дають змогу користуватися нагрітою водою протягом 2 - 3 похмурих днів.

Гаряча вода збирається і зберігається у баку-акумуляторі, який являє собою теплоізований резервуар місткістю 1000 л. Резервуар за допомогою верхніх та нижніх розподільників сполучається з верхніми та

нижніми секціями геліоколекторів. Відбирають воду з верхньої частини бака, з якої вона витискується потоком холодної води, що йде знизу, при відкритих вентилях водопровідної лінії. Сполучна та трубопровідна арматура допускає безперешкодне зливання води та заповнення нею геліонагрівача, а також можливість заміни геліоколектору у разі виходу його з ладу.

Щоб унеможливити втрати теплоти, сполучна та трубопровідна арматура, а також бак-акумулятор мають теплоізоляцію. Бак-акумулятор кріплять на рамі, при цьому його днище розташовують вище верхньої частини опорної конструкції для геліоколекторів. Довжина установки складає 7600 мм, ширина – 4400, висота – 4900 мм, активна площа геліоколекторів – 19 м^2 .

Встановлено, що за мінливої хмарності та інтенсивності сонячного випромінювання $\mathcal{E}=340\text{-}740 \text{ Вт/м}^2$, температурі зовнішнього повітря $T = 15\text{-}20,4 \text{ }^\circ\text{C}$ та швидкості вітру $v = 3,1 \pm 1,2 \text{ м/с}$, вода (1300 л ГВП-20) нагрівається з 13 до 44°C (рис.) за 7-9,5 год (рис.6.16).

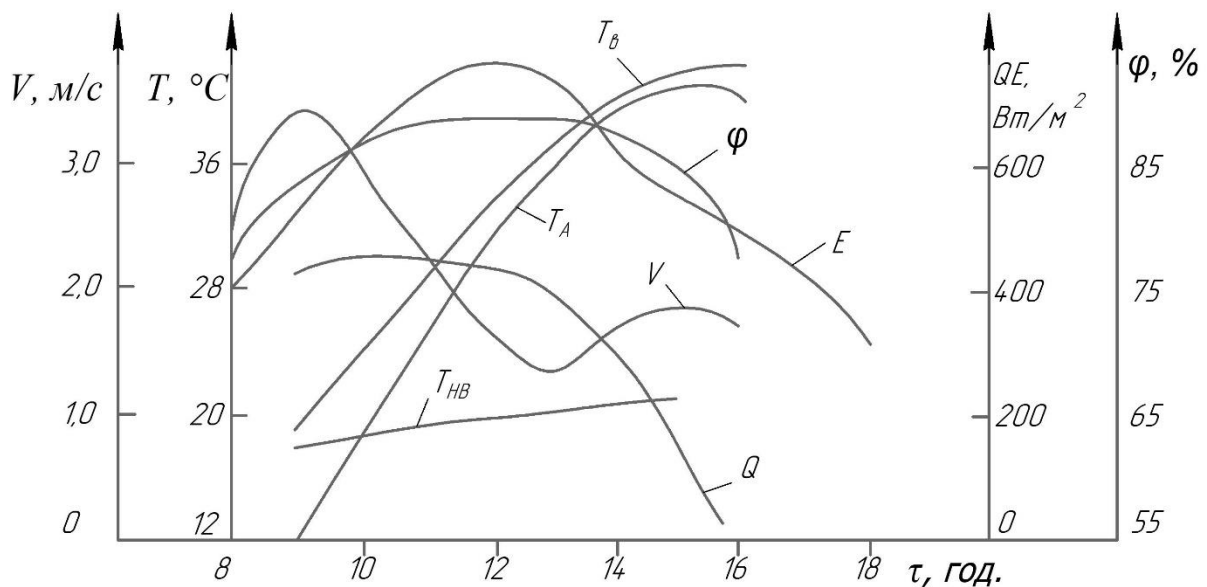


Рис. 6.16. Зв'язок показників роботи установки ГВП-20 і метеорологічних параметрів (Q - теплова потужність, φ - вологість зовнішнього повітря, $T_{\text{НВ}}$ - його температура, $T_{\text{в}}$ - температура води в баку, $T_{\text{А}}$ - в колекторі, v - швидкість вітру, τ - час доби)

Досвід роботи ГВП-20 показує, що він здатний забезпечити теплою водою ферму великої рогатої худоби на 200 корів з молочним блоком та душовими для обслуговуючого персоналу. Для отримання гарячої води температурою 55 - 65°C та підігріву води до потрібної температури у похмурі дні у системі геліоводоподогрівача можна встановити проточний електроводонагрівач ЕВ-Ф-15А.

За сезон економія електроенергії геліоводопідігрівачем ГВП-20 становить 6 тис. кВт. год, маса установки дорівнює 2 т, орієнтовна вартість - 3 тис. грн.

6.3.4.2. Теплоутилізаційні установки

Можна відзначити наступні типи теплообмінників, що використовуються у досліджуваній системі (6.17).

Теплообмінник типу «теплова труба» являє собою теплопередавальний пристрій, здатний передати великі теплові потужності при малих градієнтах температури. Труба частково заповнюється рідким теплоносієм та герметизується. З одного кінця труба поглинає теплоту, теплоносієм випаровується і у вигляді пари переходить до іншого кінця труби. Цей кінець охолоджується, а пара конденсується. Конденсат повертається до першого кінця за допомогою гнотів (капілярів) або за допомогою зовнішньої сили (наприклад, сили тяжіння). Так як капіляри працюють незалежно від поля тяжіння, то теплові труби використовують у космосі. Ефективна теплопровідність теплової труби (відношення теплового потоку до падіння температури на одиницю довжини труби) у десятки тисяч разів більша, ніж теплопровідність міді, срібла та алюмінію. Теплові труби легкі, надійні, автономні та знайшли застосування в енергетиці, космосі, хімії, електроніці. Іноді труби збирають у барабани, один кінець яких знаходиться в холодному середовищі, а інший - у гарячій. Для скидання конденсату барабан обертається з певною частотою.

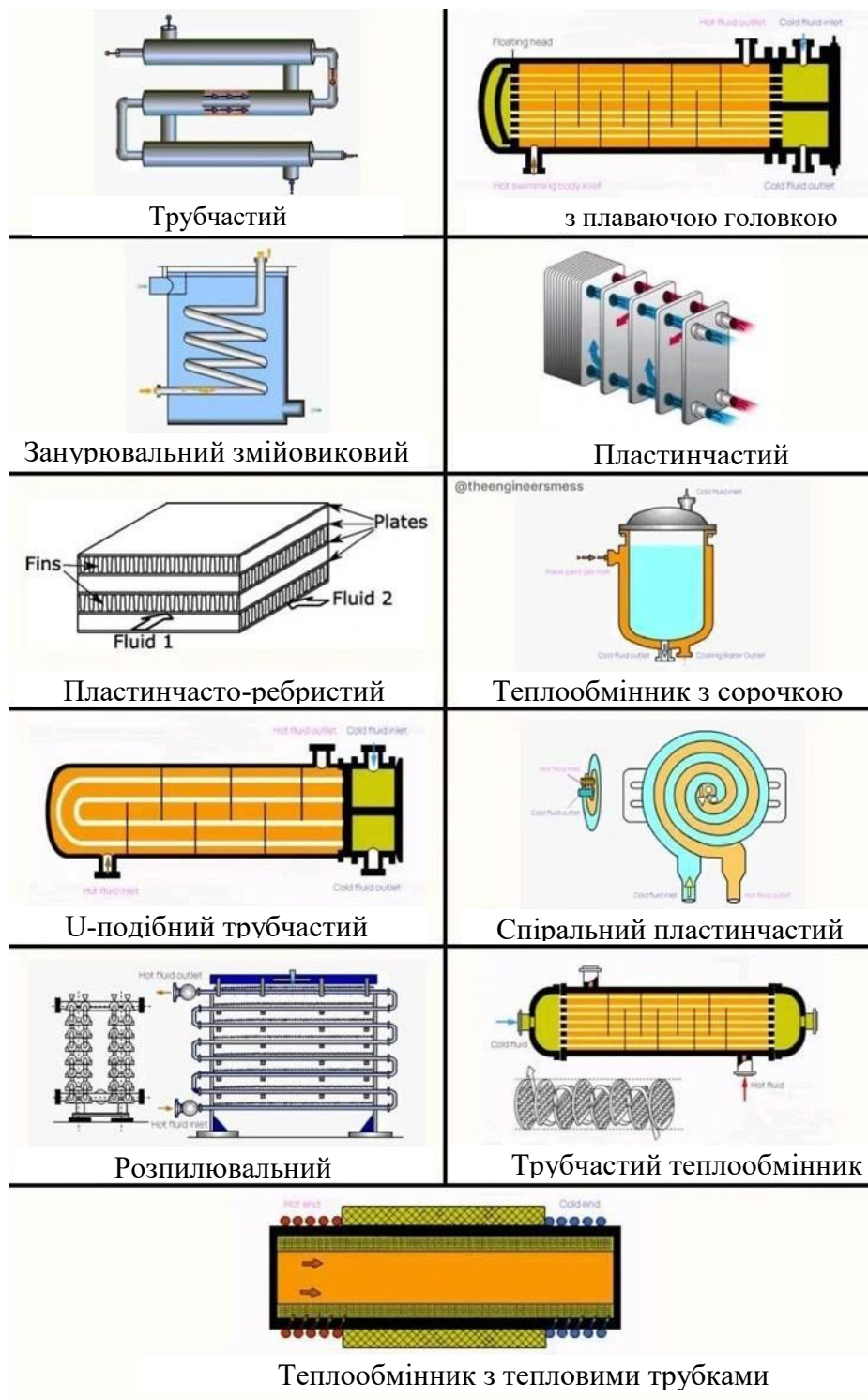


Рис. 6.17. Схеми теплообмінників.

Теплообмінник «труба у трубі» реалізує рух холодного та теплого потоків рідини або газу протитоком або прямотоком по внутрішній та зовнішній трубах. Через стінку внутрішньої труби відбувається теплообмін. Такий принцип теплопередачі є ефективним там, де зовнішня труба служить

одночасно розподільником речовини, наприклад, повітря у приміщенні. Можна також у даному теплообміннику застосовувати і 3 труби (труба у трубі - у трубі). Зовнішня служить розподільником. Напрямок речовини у ній збігається з напрямком у внутрішній трубі, а у середній трубі має місце зворотний напрям.

Серед пластинчастих теплообмінників використовуються поперечний та протитечійний. У першому випадку кілька пластин металу або пластмаси утворюють порожнини для руху речовин у напрямках, перпендикулярних один одному. Пластинчастий протитечійний теплообмінник вважається найбільш компактним. Речовини у ньому рухаються у протилежних напрямках, тому на виходах можливе вирівнювання їх температур. При однаковому напрямку температури теоретично ніколи не вирівнюються, тому що для цього потрібна або нескінченно велика площа теплообміну, або нескінченно великий час має здійснюватися теплообмін. Тому помилкове перемикання теплообмінника з протитечії на прямоток обов'язково припиняє теплообмін практично повністю. Такі помилки нерідко роблять механізатори у цехах обробки (охолодження) молока, наприклад, у цехах доїння корів.

Рекуперативні теплообмінники зазвичай мають барабан, що обертається. До недоліків даних апаратів можна віднести: повернення конденсату; витрати енергії на обертання барабана; мала поверхня теплообміну.

Змішувальні теплообмінники є зазвичай громіздкі та придатні тільки там, де змішування потоків не суперечить або бажано за технологією виробництва.

6.3.5. Цех із вирощування мікродоростей

Деякі мікродорості, що належать до найдавніших форм життя на Землі, перевершують за вмістом білка всі рослини і навіть м'ясо тварин. На

одному з озер (Чад) Африки із мікроводоростей аборигени сквашують у земляних ямах продукт, що нагадує сир із молокопродуктів. Деякі види мікроводоростей містять 47% білка (у м'ясі 13%), вуглеводи, олії і можуть служити сировиною для корму, продуктів харчування людей, добрив.

Водойми Землі дають щороку масу мікроводоростей, здатну прогодувати людство. Проте, приріст їх у межах України спостерігається лише у спекотні місяці року, а восени вони відмирають і, загниваючи, відбирають із води кисень, призводячи до загибелі риби та інших тварин.

Відомо, що дикі форми мікроводорості можна (з річок, озер, морів) добувати при допомозі електромагнітного поля. При надходженні 80 г/хв мікроводоростей достатньо дії постійного струму з напругою $U = 4,1$ В та щільністю $0,00086$ А/см³. Але такий видобуток мікроводоростей має сезонний характер і поки що не налагоджений для високих потужностей промислового виробництва.

Тому на разі практикують цілорічне виробництво мікроводоростей у спеціалізованих цехах при фермах. Теоретично такі ферми можуть видобувати стільки вуглекислого газу, якого вистачить принаймні для половини корму для тварин. Однак вентиляційні викиди містять сірководень, який пригнічує зростання мікроводоростей. Для його знищення викиди достатньо пропустити через топку водяних котлів ферми (а.с. СРСР №1092744, тваринницька ферма, БІ 1985 №43, авт. Крашаков І.С.). Розглянемо цех із виробництва мікроводоростей виду хлорела на прикладі птахофабрики «Новобелицька» Гомельської області (рис.6.18). Паста з хлорели містить 70 - 75% води, 9 - 9,5% протеїну, 8 - 8,5% жиру, 4 - 4,5% клітковини, 4 - 4,5% кальцію, 3,5 - 4% золи та 35 - 450 мг/кг каротину. Сгодовування її збільшує прирости ваги курчат на 11%, несучість курей - на 5...7%. При формуванні поживного середовища використовують на 1 л води такі компоненти: 1 г азотокислого калію або 1 г селітри, 150 мг однозаміщеного калію, 150 мг сірчаноокислого магнію, 0,222 г сірчаноокислого цинку, 0,079 г сірчаноокислої міді, 1 г молібденового амонію,

1,2 г сірчаноокислого марганцю, 0,875 г борної кислоти, 9,3 г сірчаноокислого заліза, 0,02 г азотноокислого кобальту, 10 г трилону. Приготування даного середовища передбачає виконання наступних операцій. У процесі перемішування виконавчими органами із нержавіючої сталі з розмірами 9,5х3,3 м, здійснюють освітлення суміші лампами НГ-220-250 у світильниках УМП-16 (60 шт). Вода барботується повітрям через труби на днищі змішувальної ємкості протягом 3 хвилин із паузою 30 хвилин. Через кожну годину відбувається даний цикл обробки. Через 2 - 3 доби популяція хлорели досягає 30 - 60 млн на 1 мл. Клітини випадають на днище у вигляді пасти, якщо 3...4 години воду не перемішувати і не барботувати. Паста видаляється самопливом та вводиться в корм. Для кращого розщеплення оболонок мікроводоростей здійснюють процес варіння.

Недолік такої технологічної схеми полягає у тому, що воду не збагачують вуглекислим газом, що є основним компонентом корму хлорели, хоча тваринництво завжди має надлишок вуглекислого газу, який видихається тваринами. Окрім того, велика кількість вуглекислого газу викидається в атмосферу при спалюванні природного газу, біогазу метантанків (біогазових установок), бродіння гною, димових газів електростанцій. Ефективність будь-якої електростанції, що використовує відповідний енергоносіє, значно зростає, коли частина димових газів подається у теплиці з вирощування овочів у зимовий час для їх опалення та для збагачення повітря повітряним живильним середовищем тепличних рослин. Однак мікрорівнородості витрачають вуглекислий газ більш інтенсивно, ніж вищі рослини. У дослідях повітря повністю очищається від вуглекислого газу мікроводоростями за кілька годин. Деякі індивідуальні проекти цехів з виробництва мікроводоростей передбачають підживлення вуглекислим балонним газом, одержаним з повітря. Так працює цех даного виробництва м. Інгулець Херсонської області. Але таке рішення ускладнює та подорожчає процес вирощування мікроводоростей.

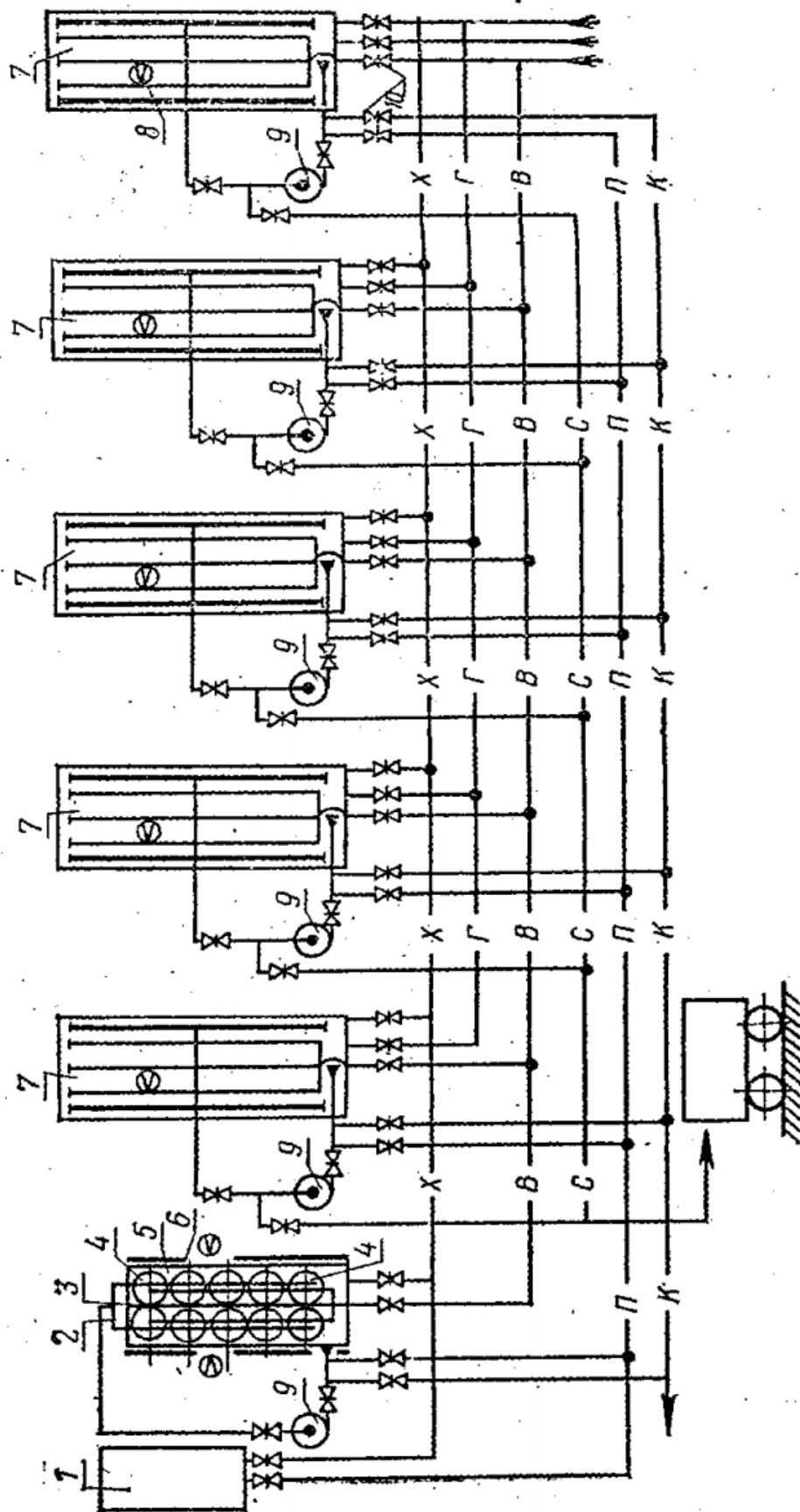


Рис. 6.18. Технологічна схема виробництва міководоростей виду хлорела: Х, Г, В, С, П і К — трубопроводи відповідно для холодної і гарячої води, стисненого повітря, зливу і перекачування суспензії і каналізації; 1 — ємкість для приготування живильного середовища; 2 — трубопровід для подачі повітря; 3 — установка для вирощування посівного матеріалу хлорела на $0,5 \text{ м}^3$; 4 — скляні труби; 5 — колектор; 6 — секція світильників; 7 — виробничі ємкості для зберігання; 8 — насосна установка; 9 — насоси; 10 — заслінки

6.3.6. Завод із заготівлі протеїнових зелених концентратів (ПЗК)

Протеїнові зелені концентрати складають новий вид кормових добавок. Він близький до білка тваринного походження і може використовуватися у раціонах нежуйних тварин. Сировиною служить люцерна та інші трави. У даній кормовій суміші міститься до 62% протеїну, що включає практично всі незамінні амінокислоти тваринного походження, тому протеїнові зелені концентрати використовуються як заміник рибного борошна, сої, земляного горіха, лляної макухи. Вихід протеїнового зеленого концентрату із 1 *t* сировини становить 1 - 2%. Даний концентрат добувають із соку люцерни, а жом використовують на сінаж. Традиційна схема виробництва даної сировини є такою. Зелений сік обробляють аміаком, коагулюють, поділяють центрифугуванням на дві фракції: протеїнову пасту та коричневий сік. З пасти одержують гранули протеїнового зеленого концентрату. Другий компонент виробничого процесу у вигляді коричневого соку використовують для утворення добавок у мішанки; при обробці соломи; у виробництві коричневих кормових дріжджів; у якості сировини мікробіологічного виробництва; для виготовлення вторинних гранул протеїнового зеленого концентрату.

Коричневі дріжджі містять 52% протеїну, вихід дріжджів - 0,5% від зеленої маси. В 1 *кг* гранул протеїнового зеленого концентрату міститься 580 *г* протеїну (1,45 *корм. од.*).

Перед розпадом СРСР діяла програма будівництва одиночних заводів з виробництва протеїнового зеленого концентрату. При збереженні у сівозміні озимої пшениці, цукрових буряків, кукурузи на зерно та силос площа зрошуваних земель заводу має становити 3832 га, з яких можна отримати з досліджуваної сировини 25028600 *корм. од.* Собівартість 1 *t* протеїнового зеленого концентрату складає близько 300 доларів, що вважалось низькою ціною для отримуваного концентрату. За рахунок високої проектної конверсії виробництво протеїнового зеленого

концентрату на молокозаводі, зокрема, за проектом для Запорізького відповідного господарства, було заощаджено 593 га землі, а при виробництві м'яса та яєць – ще 1187 га землі. Кошторисна вартість заводу складала 2,5...3,5 млн доларів, термін окупності - 3,7 року при роботі 200 діб на рік. У зимовий час завод повинен використовуватися для переробки картоплі для отримання крохмалю, протеїнового концентрату, кормових дріжджів та кормового борошна.

Перший завод з виробництва протеїнового зеленого концентрату був побудований у 1978 р. на території США компанією Valley Dehydrating Co (VDC) у штаті Колорадо за технологією «Рго-Хап».ю Проектна документація була розроблена Західним регіональним дослідницьким центром Міністерства сільського господарства США. Одним із основних недоліків представленої технології є те, що вилучення протеїнового зеленого концентрату відбувалося методом випарювання, а не коагуляції, як у радянському проекті.

Перед розпадом СРСР в Україні планувалося збудувати 5 заводів з виробництва протеїнового зеленого концентрату для міжгосподарського впровадження.

Технологічна схема фрагмента заводу для виробництва протеїнового зеленого концентрату показана на рис.6.19.

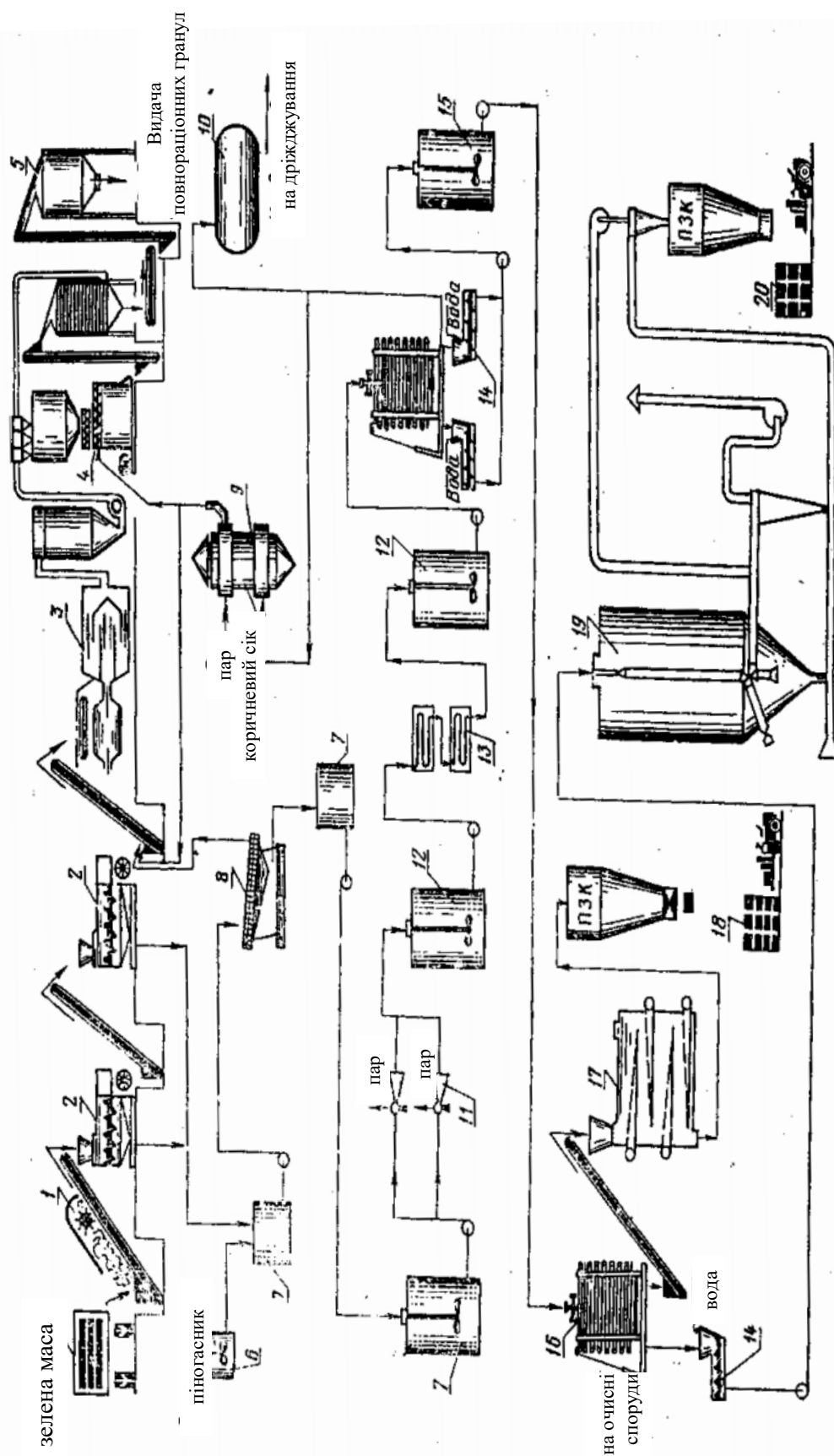


Рис.6.19. Технологічна схема фрагменту заводу ПЗК в дослідному господарстві "Ранок": 1 – транспортер-живильник; 2 – прес ВПО-20; 3 – сушарка АВМ-1,5; 4 – гранулятор ОГМ-1,5; 5 – бункер готової продукції; 6 – пінюгасник; 7 – ємкість для зеленого соку; 8 – вібростіл; 9 – випарна установка; 10 – ємкість для коричневого соку; 11 – ежектор; 12 – ємкість для коагулянта; 13 – охолоджувач; 14 – змішувач; 15 – ємкість для пасти

6.3.7. Устаткування для безкисневого зберігання кормів

У безкисневому середовищі втрати каротину знижуються з 50 до 0,2... 1% на рік. Для максимального зберігання властивостей кормів використовують устаткування ОЗВ-1, у комплект входить 20 герметичних бункерів із сталі, піднятих на стійках над землею для самопливного їх розвантаження кормової суміші.

Зверху та знизу циліндричні бункери герметизуються люками з кришками. Гранули із самоскида завантажуються у приймальний бункер. Звідти переміщаються транспортером, що проходить вздовж ряду бункерів. З транспортера завантажувальним візком гранули скидаються в один із бункерів. Після завантаження бункер продується безкисневою газовою сумішшю. Для цього включається газогенераторна станція, де спалюється природний газ. Продукт горіння (димовий газ) складається з азоту, вуглекислого газу та парів води. Димовий газ пропускається через колонку з водяним охолодженням, що заповнений гранулами мінералу силікагелю. Пари води конденсуються та відводяться. Сухий димовий газ закачується у бункер із кормом. Люки герметизують.

При здійсненні процесу вивантаження відкривають нижній люк та дозатором вичерпують гранули корму. Люк закривають, бункер знову продувають сухим димовим газом для видалення кисню.

Представлене устаткування ОЗВ-1 також містить 20 сталевих веж загальною ємністю 1500 м³, газогенераторну автоматичну станцію, потокову лінію завантаження гранул і лінію вивантаження.

6.3.8. Конвеєрні доїльні установки

Прототипом конвеєрних доїльних установок можна вважати установку «Ротолактор» на 50 верстатів за патентом Російської імперії від 1912 р, що була реалізована у 1927 р. у США, у 1937 р. у Швеції. У 1959 р. студент Азово-Чорноморського ІМСГ Тесленко І.І. розробив аналог конвеєрних

доїльних установок під назвою «Карусель» (рис.6.20), яку становили 20 індивідуальних верстатів бічного заходу «Тандем», розташовані вздовж основної виробничої лінії кільцевого конвеєра. Першу конвеєрну доїльну установку Тесленко І. І. виготовив у колгоспі Краснодарського краю у 1959 р., а в наступні роки отримало впровадження даного обладнання на 10, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 38 та 50 верстатів. У промисловому масштабі було випущено 150 установок ЧКДУ-1 у Челябінську (на 20 верстатів), 1750 установок «Омичка» на 16 верстатів (тип «Ялинка») в Омську, кілька десятків на 24 верстати в Україні в 60-ті роки. Також розпочався випуск конвеєрних доїльних установок у Німеччині, Франції, Італії, Швеції, США, Англії, Новій Зеландії та в інших країнах. Зокрема, у Франції функціонують 50 типорозмірів даних конвеєрних систем. На підприємстві «Кургансельмаш» налагоджено виробництво конвеєрних доїльних установок марки УДА-100 на 16 верстатів та «Сормовичка» на 50 верстатів (м. Нижній Новгород), продуктивність яких залежить від технології робіт. Отримали розповсюдження технології доїння корів, що розробили наступні автори: 1) Тесленко І.І. (1959 розробив лінію, що мала продуктивність обслуговування $W = 101 \text{ корів/год}$, $W_n = 33,7 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$); 2) Кадніков Н.Є. (1961) розробив лінію з характеристиками: $W = 101 \text{ корів/год}$, $W_n = 20 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$; 3) Авдєєв А.А. (1967) з $W = 150 \text{ корів/год}$, $W_n = 37,5 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$; 4) Крашаков І.С. (1967) $W = 158 \text{ корів/год}$, $W_n = 31,6 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$; 5) Луценко М.М. (1992) $W = 101 \text{ корів/год}$, $W_n = 50,5 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$; 6) Крашаков І.С. (1996) $W=158 \text{ корів/год}$, $W_n = 52,7 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$, а також $W = 175 \text{ корів/год}$, $W_n = 35\ldots 58,3 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$ (1997).

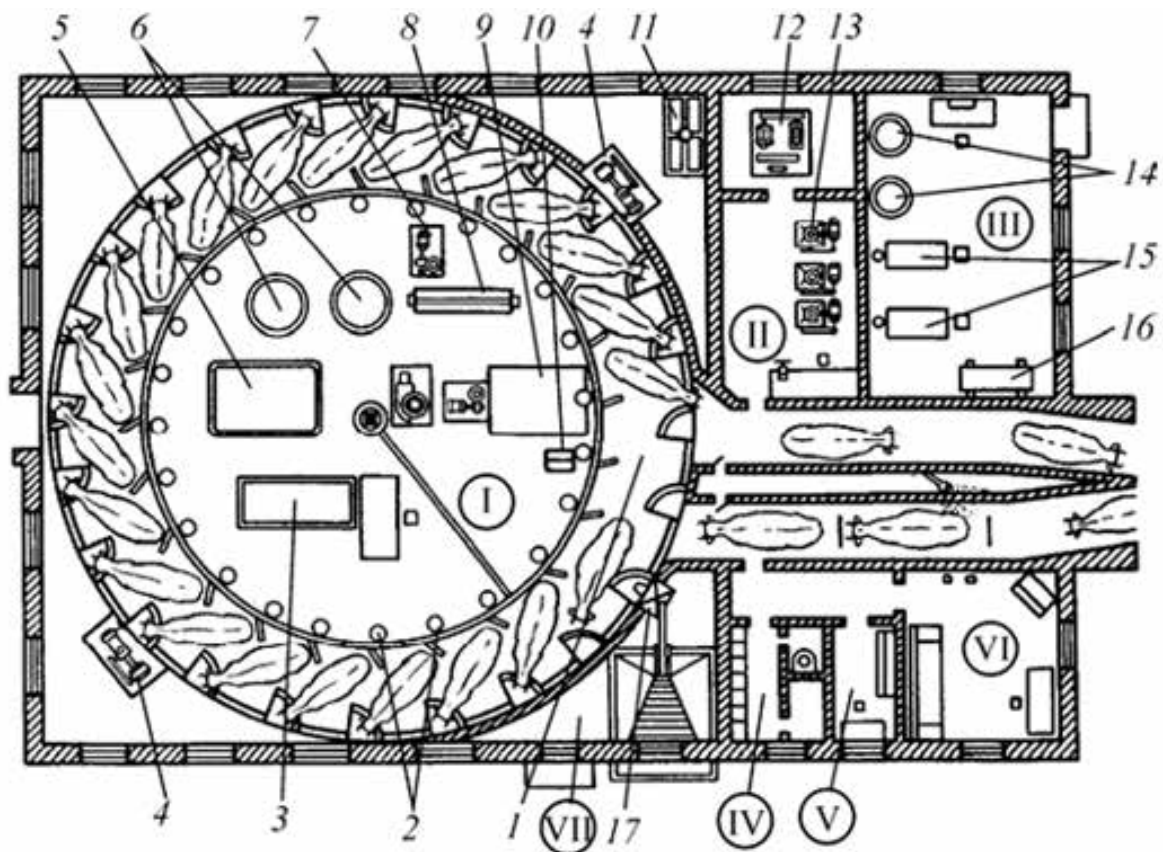


Рис. 3.45. Схема розміщення обладнання доїльного агрегату УДА-100

«Карусель» із станками типу «Ялинка»:

I – доїльний зал; II – машинне відділення; III – котельня;
 IV – кімната відпочинку; V – лабораторія; VI – гардероб і санвузол;
 VII – кормове відділення; 1 – доїльний станок; 2 – доїльні апарати; 3 – шафа для запасних частин; 4 – привід конвеєра; 5 – бак для відвійок; 6 – бак для молока; 7 – сепаратор; 8 – охолодник; 9 – молокоприймальний бак; 10 – пульт керування; 11 – бак-акумулятор холоду; 12 – холодильна машина; 13 – вакуумний насос; 14 – електроводонагрівач; 15 – паровий котел; 16 – бойлер; 17 – бункер-дозатор комбікормів

Розроблена у роботі більш раціональна технологія містить наступні характеристики та особливості реалізації. 1) Час підготовки корови (підмив, масаж, здавання, підключення апарату) складає $t_{ng} = 60c$. 2) Час обороту конвеєра становить $t = 360c$ незалежно від кількості верстатів. 3) Безперервне обертання конвеєра. 4) Перепустка 10% і більше корів на додання при наступному обороті конвеєра. 5) Реалізація заключного

масажу. Доведено (Крашаков І.С., 1997), що число верстатів на конвеєрних доїльних установках має бути: $C = 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60$. Теоретична межа пропускної спроможності складає $W = 526 \text{ корів/год}$ ($C = 60$ верстатів), межа $W_n = 526 \text{ корів/(люд}\cdot\text{год)}$, при роботі 1 дояра за зміну і при роботі 10 автоматів на підготовці та 60 автоматів на додаванні корів. Поголів'я ферми залежить від продуктивності: від 180 корів при надоях 10... 16 т молока на корову, до 2200 корів за 4 т молока на корову/рік. Існуючий рекорд продуктивності праці належить вітчизняній конвеєрній доїльній установці типу «Карусель» марки УДА-100 і становить 102 корів/год, що у 10 разів більше, ніж при доїнні у стійлових установках. Даний рекорд був повторений на фермах Європи та Америки, але до сих пір є неперевершеним.

Переваги конвеєрних доїльних установок порівняно із традиційним обладнанням для доїння:

- більш високі показники пропускної спроможності та продуктивності праці;
- найнижчі прямі питомі витрати на видоювання 1 т молока;
- швидка окупність доїльної установки, що складає 10 - 20 місяців;
- достатньо низькі витрати праці, що дозволяє вивільнити близько 50 осіб персоналу, яких потребують негайно працевлаштування, враховуючи їх кваліфікацію, наприклад, у цеху з виготовлення сиру, виробництва напоїв із сироватки, ковбаси та інших продуктів тваринництва.

6.3.9. Бродильна установка

Перша у світі бродильна установка для переробки сільськогосподарських відходів була побудована у 1902 р. у Бомбей (Індія). На початку століття бродильні установки широко поширилися у присадибних господарствах Південно-Східної Азії. Рекордною кількістю

таких установок володіє Китай. У Європі бродильні установки почали будувати спочатку на великих фермах для біогазу, потім для обробки стічних вод із каналізаційних мереж міст. У СРСР було кілька тисяч даних установок у комунальному господарстві міст і лише кілька десятків на фермах. *Перевагами* бродильних установок можна вважати наступні:

- ❖ низькі втрати азоту та фосфору з гною, а саме, 3% замість 50% при переробці у буртах;
- ❖ висока якість отриманого добрива, яка не приваблює мух і містить вітамін B₁₂;
- ❖ знищується 99,9% шкідливих бактерій, 90% насіння бур'янів
- ❖ надлишки біогазу можуть бути використані для опалення ферми та у побуті;
- ❖ димові гази від біогазу (CO₂ + H₂O) ефективно використовуються у теплицях; поліпшується санітарний стан ферм, покращується екологія полів.

У якості *недоліку* можна відзначити неефективне знищення вірусів, тому біодобриво повинно зберігатися 6 місяців на повітрі для знищення вірусів киснем повітря.

До *оптимальних режимів роботи* бродильних установок можна віднести такі:

- бродіння гною у камерах має відбуватися без доступу світла та повітря;
- у гною має бути лужне середовище $P_n = 7,4$;
- потрібно додавати азотовмісні присадки, зокрема, курячий послід, фекалії, сечовину тощо;
- не можна різко змінювати тиск у камері, так як від перепаду тиску гинуть метанові бактерії;
- при кислому середовищі замість метану вироблятиметься

сірководень, тому потрібно стежити за підтримкою лужного - середовища;

- необхідно підігрівати гній перед завантаженням камери та під час бродіння, тому що рідкий гній не здатний до саморозігрівання; для підігрівання доцільно використовувати біогаз від бродильних установок.

Вітчизняні типи бродильних установок характеризуються наступними особливостями. Технології даного процесу бродіння реалізуються у безперервному та циклічному режимах.

Установки безперервної дії знайшли використання лише у комунальних господарствах міст. Маса сировини для такої обробки передається послідовно від камери до камери до повного очищення: рідка фаза йде на поля фільтрації, а тверда - у поховання. За такого виробництва вилучається достатньо висока кількість біомаси з кругообігу у природі, тому що перевезення її є нерентабельним. Циклічний процес функціонування бродильних установок, як правило, був розповсюджений на сільськогосподарських підприємствах.

Серед найбільш розповсюджених вітчизняних бродильних установок можна відзначити обладнання типу «Кобос-1», що експлуатується, зокрема, у Білоцерківському районі Київської області: досліджується можливість застосування бродильної установки типу «Кобос-1» у двох послідовних етапах бродіння; типу «Біогаз-301», що був розроблений у межах агропроекту в Українському науково-дослідному інституті; типу К-Р-9-1 Шуміхінського машзаводу, що був розроблений у м. Запоріжжі, у НВО КТІСМ. Вітчизняні бродильні установки перевершують іноземні за ефективністю технологічних процесів, зокрема, за виходом біогазу із робочих камер, за витратами теплоти, к.к.д. процесу. У результаті досліджень та експлуатації бродильних установок було селекціоновано нові метанові бактерії.

6.4. Аналіз основних організаційно-технологічних заходів підвищення надійності виробничих структур

6.4.1 Способи зменшення інтенсивності відмов

При проектуванні технічних систем є очевидним трактування, що чим простіша система, тим рівень її надійності та відповідності ефективності має бути вищим. Проте, коли мова йде про енергоефективність, то даний постулат не завжди є вірним через дію інших, нерідко протилежних факторів впливу.

У загальному випадку зменшити інтенсивність відмов системи можна наступними способами.

Спрощення системи дозволяє зменшити кількість елементів, що істотно підвищує надійність біотехнічної системи у цілому. Ефект буде тим більшим, чим нижча надійність елементів і чим складніша система. Проте вимоги сучасних технологій передбачають розширення функціоналу елементів технічних систем, що відповідає ускладненню її структури.

Вибір більш надійних елементів дозволяє підвищити енергоефективність більш складних систем. Проте разом з підвищенням надійності елементів спостерігається, як правило, збільшення маси системи, габаритів і вартості.

Полегшення режимів роботи елементів завдяки зменшенню впливу зовнішніх чинників приводить до зменшення інтенсивності відмов. Спосіб є ефективним тоді, коли елементи працюють з перенавантаженням, тому потрібно полегшувати режими роботи в першу чергу тих елементів, відмови яких призводять до відмов системи, а не до погіршення її характеристик.

Відбраковування малонадійних елементів за результатами випробувань елементів дає позитивний ефект у важких умовах експлуатації системи; які можна погіршити при збільшенні навантаження або за інтенсифікації негативного впливу зовнішніх чинників.

Створення схем з обмеженими наслідками відмов елементів є ефективним для систем з різноманітним функціоналом складових компонентів та різною стійкістю до зміни умов експлуатації. Відмови елементів складної технічної системи є нерівноцінними, а тому потрібно при аналізі їх наслідків враховувати коефіцієнти впливу на загальну надійність системи. Проектувати системи з обмеженими наслідками відмов потрібно таким чином, щоб відмова елемента призводила не до втрати її працездатності, а лише до погіршення окремих характеристик у межах працездатного стану.

Стандартизація та уніфікація елементів системи дозволяє підготувати умови для підвищення ефективності її функціонування. Висока надійність таких складових є наслідком того, що вони доведені до належного технічного рівня завдяки їх постійному удосконаленню. Тому застосування таких стандартних деталей і вузлів дозволяє знизити інтенсивність відмов системи і скоротити середній час відновлення працездатності.

Удосконалення технології виробництва, її автоматизація та роботизація дозволяють забезпечити експлуатаційну стабільність характеристик елементів і системи у цілому.

Статистичний контроль якості дає можливість виявити чинники, які погіршують технологію виробництва елементів і систем, вплинути на їх якість і відбракувати непрацездатні.

Профілактичні заходи, що спрямовані на попередження відмов, передбачають постійний контроль за технологією виробництва систем та їх елементів, а також забезпечення належної експлуатації і вчасного технічного обслуговування; які дозволяють зменшити кількість ненадійних компонентів системи.

6.4.2. Скорочення часу безперервної роботи об'єктів для підвищення надійності

У процесі експлуатації надійність будь-якого технічного об'єкта чи системи знижується. Зменшивши сумарний час їх роботи, можна збільшити час існування у працездатному стані.

Час безперервної роботи, наприклад, автоматичної системи можна скоротити за рахунок багаторазового її вмикання і вимикання. Це можливо у тих випадках, коли для керування об'єктом немає необхідності тримати ввімкненою систему протягом усього часу його експлуатації. Такими системами є, наприклад, системи корегування технологічних процесів харчових виробництв.

Але зберегти надійність системи за рахунок скорочення часу її безперервної роботи можна лише тоді, коли кількість вмикань і вимикань порівняно невелика. При частих вимиканнях і вмиканнях перехідні процеси можуть мати настільки значний шкідливий вплив, що такий режим роботи стане недоцільним. Помітний ефект дає скорочення часу безперервної роботи резервованої системи.

При великому наробітку (t_1) імовірності безвідмовної роботи резервованої і нерезервованої системи мало відрізняються одна від одної. З його зменшенням до (t_2) імовірність безвідмовної роботи резервованої системи (1) буде значно більшою, ніж нерезервованої ($\Delta P_p \gg \Delta P_0$).

6.4.3. Вплив резервування на надійність

Великі переваги резервування полягають у можливості проектування надійних систем з малонадійних елементів. Ефективність резервування часто оцінюють величиною зменшення імовірності відмов, що ототожнюють із виграшем надійності [40, 41]:

$$G_Q(t) = \frac{1 - \exp(-\lambda_c t / C)}{1 - \exp(-\lambda_c t)}, \quad (6.45)$$

де C - коефіцієнт, який показує, у скільки разів інтенсивність відмов резервованої системи менша за інтенсивність нерезервованої.

$G_Q(t)$ асимптотично наближається до одиниці незалежно від надійності резервованої системи і її елементів. Чим менша надійність нерезервованої системи і кратність резервування резервованої, тим більшою є крутизна зростання G_Q , а отже, тим менш доцільним з часом для таких систем стає резервування. При кожному резервуванні з дробовою кратністю значення G_Q , починаючого з певного наробітку, стає більшим за одиницю і таке резервування стає недоцільним.

Виграш надійності резервованої системи, порівняно з нерезервованою, тим більший, чим менший час безперервної роботи системи і чим надійніша система резервується, що є *основним протиріччям резервування*.

Виграш надійності за інтенсивністю відмов системи якісно не відрізняється від G_Q .

За середнім часом (математичними сподіваннями) m_t безвідмовної роботи при резервуванні з дробовою кратністю і нековзному резерві доцільним буде застосування нерезервованої системи. Це справедливо тоді, коли кількість резервних систем менша за кількість основних. Виграш G_{m_t} , зі зростанням кратності резервування зростає, але швидкість зростання залежить від способу резервування.

Заміщувальне резервування відповідає більшому параметру підвищення надійності G_{m_t} порівняно з постійним. Реалізація заміщувального резервування передбачає застосування перемикачів, які погіршують рівень надійності системи. Це значить, що збільшення кратності заміщувального резервування нерідко призводить до зменшення швидкості зростання параметру підвищення надійності G_{m_t} , що також є протиріччям резервування. Значне збільшення кратності резервування (а одночасно маси, габаритів і вартості об'єкта) зумовлює невелике

збільшення середнього часу безвідмовної роботи.

Таким чином, з урахуванням проведеного аналізу можна відзначити висновки:

1. резервування вигідно застосовувати для систем, які розраховані на невеликий термін безперервної роботи;
2. використання резервування для систем з тривалим часом безперервної роботи у більшості випадків вимагає збільшення його кратності;
3. надійність систем підвищується при резервуванні на фоні збільшення їх маси, габаритів, вартості та ускладнення умов експлуатації.

6.4.4. Зменшення часу відновлення дієздатного стану систем

Зменшуючи час відновлення дієздатності технічної системи, можна збільшити її готовність, зменшити простоювання і підвищити ефективність використання. Той чи інший спосіб підвищення надійності системи можна обрати лише тоді, коли є порівняння конкретних показників надійності.

Структурне резервування пов'язане з додатковими витратами на резервні елементи. Вони повинні окупатися за рахунок збільшення надійності об'єкта і зниження на його технічне обслуговування.

Найпростіші показники ефективності резервування такі:

$$B_m = T_p / T; B_p = P_p / P; B_Q = Q / Q_p, \quad (6.46)$$

де B_m – коефіцієнт підвищення середнього наробітку до відмови резервованої системи T_p у порівнянні з наробітком нерезервованої T ; B_p , B_Q – відповідно коефіцієнти підвищення імовірності безвідмовної роботи P і зменшення імовірності відмови Q .

Резервування буде ефективним за умови, що B_m і B_p будуть більшими, а B_Q меншим за одиницю.

6.4.5. Оцінка ефективності систем за теорією надійності

Під *ефективністю* можна вважати ступінь відповідності об'єкта або системи цільовому призначенню у певних умовах експлуатації. Вибір більш ефективної біотехнічної системи можна здійснити за критеріями їх надійності; серед яких можна виділити показники якості функціонування, що провадять диференціальну оцінку; а також вихідні результати функціонування системи, що здійснюють інтегральну оцінку процесу експлуатації виробів.

Таким чином, при оцінці ефективності можна врахувати як характеристики надійності самої системи, так і вплив зовнішніх чинників. Причому, для системи у цілому доцільно визначати показники надійності та критерій ефективності, а для окремих елементів оцінка ефективності є не обов'язковою. Тобто для окремого технічного об'єкта, що має певне цільове призначення і самостійне застосування, наприклад, системи передавання крутного моменту, інформаційних даних, автоматичного контролю, доцільно розглядати як показники надійності, так і ефективності; а для частин об'єктів, зокрема, датчиків, перетворювачів, реле, достатньо використати лише характеристики надійності. Для великої сукупності об'єктів, наприклад, автоматизована система управління рухом конвеєрного шляху виробничого комплексу підприємства; доцільно визначати тільки показники ефективності, тому що при відмовах окремих їх частин тільки погіршуються властивості подібних комплексів.

Для оцінювання надійності системи можуть застосовуватися показники безвідмовності, довговічності, готовності, ремонтпридатності та збереженості, вибір яких залежить від основних функцій об'єкту досліджень, від степені важливості його при реалізації виробничих задач. Показники ефективності можуть бути імовірнісними, інформаційними, вартісними. Зв'язок між критерієм ефективності і надійністю складових об'єкта чи системи можна визначити наступними способами.

При здійсненні оцінки за критеріями зниження ефективності елементів системи внаслідок недостатньої надійності їх показники надійності враховуються при визначенні показника ефективності. В якості порівняльних характеристик використовували бажане або ідеальне значення параметру B_0 при абсолютно надійній системі та реальне значення B , яке відповідає фактичній надійності об'єкта чи системи. Тоді критеріями оцінки можуть бути наступні характеристики [40, 41]:

- ❖ різниця $\Delta B = B_0 - B$,
- ❖ відношення $\Delta B / B_0 = (B_0 - B) / B_0$
- ❖ відношення B / B_0

За другою методикою розраховують показник надійності технічної системи з оцінкою змін її ефективності у процесі роботи. При цьому відмовою вважається випадок, у якому значення ефективності роботи виявляється меншим від граничного значення; а показник надійності є характеристикою часу непрацездатного стану, в якому значення показника ефективності роботи є меншим, ніж граничне.

При оцінці ефективності системи виділяють дискретні стани, в яких може знаходитися система. Тоді показник ефективності доцільно визначати за формулою математичного очікування:

$$B = \sum_{i=1}^q B_i P_i, \quad (6.47)$$

де q - множина станів системи; B_i - умовний показник ефективності, який мала б система при переході до i -го стану; P_i – імовірність перебування системи у i -му стані.

Для великої кількості систем доцільно застосовувати наступні економічні показники ефективності.

Прибуток за одиницю часу становить

$$\Pi = B - W_E, \quad (6.48)$$

де W_E - величина експлуатаційних витрат за одиницю часу.

Величина вихідного ефекту B є прибуток Π за одиницю часу, що отриманий від експлуатації об'єкта чи системи об'єктів.

Термін окупності системи складає

$$\tau_{ok} = \frac{W_K}{B - W_E}, \quad (6.49)$$

де W_K - величина капітальних витрат, що визначається у грошових одиницях.

Повні витрати за час T_c експлуатації системи

$$W = W_K + T_c(W_E + \Delta B), \quad (6.50)$$

де ΔB враховує зміну ефективності системи при використанні одного та іншого її варіанта.

Для однакових систем з різними умовами експлуатації можуть обиратися різні показники ефективності.

6.4.6. Економічні показники надійності

Підвищення безвідмовності і довговічності машин залежить як від додаткових матеріальних витрат, так і від підвищення ефективності капітальних вкладень, зменшення витрат на ремонт, зростання продуктивності машин.

Критерієм ефективності підвищення надійності може служити сума витрат на виготовлення та експлуатацію системи, що віднесена до терміну його доцільної експлуатації:

$$K_e = \frac{Q_B + Q_e}{T_e}; \quad (6.51)$$

де K_e - економічний показник надійності, *грн/год*; Q_B - вартість виготовлення нового виробу, *грн*; Q_e - сумарні витрати на експлуатацію, тобто на ремонт і обслуговування; T_e - термін доцільної експлуатації виробу, *год*.

Цей показник повинен бути мінімальним, що можна забезпечувати за рахунок раціонального розподілу капіталовкладень між сферою виробництва і сферою експлуатації. При інших рівних умовах, чим дешевший виріб, тим більше витрат приходить на його експлуатацію. Наприклад, при зниженні вартості середньостатичного електродвигуна на 5% витрати на його експлуатацію зростають на 13 %.

Співвідношення між вартістю виготовлення та експлуатації виробу характеризується коефіцієнтом експлуатаційних витрат:

$$K_{EB} = \frac{Q_B}{Q_B + Q_E} < 1; \quad (6.52)$$

де Q_B – затрати на виготовлення виробу; Q_E – затрати на його експлуатацію.

Більш висока надійність виробу досягається за рахунок додаткових затрат, що зумовлює використання показника *ціни надійності*.

Загальні витрати на виготовлення виробу складаються з постійних затрат Q_n , які не залежать від вимог надійності і $Q_{зм}$ – змінних складових витрат, що обумовлені вимогами надійності:

$$Q_B = Q_n + Q_{зм} \quad (6.53)$$

Для прогнозування витрат, пов'язаних з підвищенням надійності, часто застосовують метод порівняння з прототипом на основі загальних емпіричних залежностей, які отримуються у результаті обробки дослідних даних про ціну надійності Q_n , що має степеневий характер:

$$Q_n = Q_{n_0} \left(\frac{T}{T_0} \right)^a, \quad (6.54)$$

де Q_{n_0} – ціна надійності аналога або прототипу виробу; T_0 – напрацювання на відмову, наприклад, середній термін служби прототипу; T – напрацювання на відмову виробу, що проектується; a – емпіричний показник, який характеризує рівень прогресивності виробництва з точки зору можливостей підвищення надійності ($a \approx 0,5 \div 1,5$).

Загальні висновки

1. «Квантова механіка біотехнічних систем" вирішила фундаментальну наукову фазу в основах технічних наук, а саме, проблему вимірювання функціональних технічних, біотехнічних та біологічних рівнів досконалості матеріальних об'єктів техніки та природи, як систем реального світу.

2. Реальні системи обмежені за кількістю варіантів своєї досконалості всього за двома параметрами: числу (S) функцій у ланках і числу (R) ланок у системах, що відкриває шлях до абстрактної помітності систем.

3. Існує єдиний критерій розпізнання матеріальних об'єктів як систем, що було названо рангом функціональної досконалості систем незалежно від їх призначення.

4. Ранг систем є прямим кількісним критерієм досконалості у чистому вигляді; що не залежить від таких факторів експерименту як кваліфікація персоналу, якість виготовлення об'єктів, вартість оплати праці, ціна енергії, ймовірність у змінах фізичних властивостей клієнта та інших факторів; які нерідко спотворюють оцінку системи або нівелюють її результат.

5. Будь-які складні системи зводяться до елементарної абстрагованої їх формі уявлення та навпаки. Зведення здійснюється послідовним синтезом моделі системи у порядку ієрархічної залежності та функціональної ролі ланок. За цим же алгоритмом синтезу та аналізу представляються чотириланковими всі ланки, їх підсистеми та підсистеми підсистем усіх рівнів і навпаки, включаючи надсистеми всіх рівнів.

6. Складні системи з будь-яким числом ланок абстрактно оцінюються за алгоритмом (правил) оцінки елементарних систем. Складні системи складаються із набору стандартних абстрагованих блоків, що є еквівалентні блокам елементарних чотириланкових систем (табл. 5), що обґрунтовує їх розвиток та забезпечує їм еволюційність досконалості.

7. Системи мають різні можливості розвитку: а) *еволюційний шлях* за

рахунок сприйняття одиничних функцій нижчих ланок з передачею їх квантами вищим ланкам по 1, 7, 49, 343, 2401 ... рангів; б) *революційний шлях* за рахунок найбільш короткого шляху розвитку вектором прогресу квантами по 8 і 400 рангів; в) *квантовий шлях* утворення нових ланок (R); г) передача функцій у надсистему.

8. «Періодична таблиця систем» визначає класифікаційні ознаки та періодичну повторюваність властивостей ланок, систем, а також варіанту упорядкованості еволюційного перебігу розвитку низки систем.

9. «Періодичний закон біотехнічних систем» є аналогом "періодичного закону елементів Д.І. Менделєєва" і визначає квантовість зміни властивостей ланці по $7\varphi^{-1}$ одиничних рангів з періодом $7\varphi^{+1}$ змін між ланками, отже й у системах, залежно від порядкового номера системи та ланки.

10. Однокритеріальний ранговий метод аналізу конкуруючих машин і систем є достатньо простим у функціонуванні та реалізації, дешевим при здійсненні; здатним охопити будь-яку чисельність конкуруючих об'єктів, включаючи нереалізовані технічні рішення щодо патентів; показує високі техніко-економічні характеристики при застосуванні за термінами, якістю, матеріальними витратами у порівнянні з усіма методами багатокритеріальних оцінок.

11. Метод рангової кількісної оцінки технічних об'єктів та патентних рішень стратегічно дозволяє передбачити властивості майбутніх технічних рішень, що впорядковує, полегшує та ефективно спрямовує та координує роботу конструкторів та дослідників. Періодична таблиця систем разом із таблицею типових функцій систем конкретного призначення можна використовувати як програма досліджень для розробників конкретних технічних та біотехнічних систем.

12. Розроблена «Квантова механіка біотехнічних систем» може бути використана: а) до біотехнічних систем з будь-якими зв'язками ланок

(жорсткими, рухливими, гнучкими і навіть вільними); б) до інших систем, що моделюються за логіко-математичною структурою біотехнічних систем.

13. Економічний ефект застосування однокритеріального рангового порівняння таких конкуруючих об'єктів техніки, як доїльні системи [14] становив 7,5 млн. доларів.

14. *Технічний рівень (ТУ)* у розробленій «квантовій механіці біотехнічних систем» являє собою варіант функціонального етапу досконалості систем, що можна віднести до штучно виготовлених об'єктів техніки. ТУ визначає поетапний еволюційний розвиток об'єктів поєднанням чисел функцій за числами ланок з урахуванням квантової передачі кількісних змін у якісні від нижчих (ведених) ланок до вищих (провідної ланки «оператора») на заданому рівні окремих систем або надсистем.

15. Прогнозування властивостей систем та їх елементів дає можливість ефективно сформулювати та реалізувати винахідницьку задачу при вдосконаленні систем, що полегшує творчий процес розробників нової техніки і робить цей процес цілеспрямованим з мінімізацією втрат часу на перебір випадкових ситуацій творчих пошуків. На випадковий перебір [23] іноді не вистачає життя винахідника чи навіть цілого покоління винахідників.

16. Квантова механіка біотехнічних систем фактично дозволила: а) вирішити одне з найважчих математичних завдань 20 сторіччя «Антиномію Рассела 1902 року», саме розв'язання якої вже свідчить та передбачає необхідність розробки принципово нових теорій, підтверджуючи ознаки абсолютної новизни розробленої «квантової механіки біотехнічних систем»; б) вирішити проблему абстрактного вимірювання технічних рівнів рукотворних та природних систем; в) довести теоретичну межу чисельності пристроїв, що відрізняються числом ланок та ступенями вільностями або функцій.

Література

1. Артоболевський І.І. Механізми у сучасній техніці: довідковий посібник у 7 томах. - 2-ге вид. перероб. - К: Наука, 1979-1981.
2. Крашаков І.С. Оцінка доїльних систем за рангами та матрицею винаходів // Досяг. науки та техн. АПК, 1991 №9, С.34-35.
3. Крашаков І.С. Оцінка функціональної досконалості сільськогосподарських біотехнічних систем // Трактори та с.г. машини, 1992 №3, С.23-24.
4. Крашаков І.С. Теорія елементарних біотехнічних систем. – Вінниця, ВДСГІ, 1999. – 126 с.
5. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Сивак Р.І., Жеплінська М.М. Надійність обладнання галузі: переробні та харчові виробництва: [Навчальний підручник] / За ред. проф. Ю.Г. Сухенка – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. – 484 с.
6. Берник П.С. Стоцько З.А., Паламарчук І.П., Яськов В.В., Зозуляк І.А. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва. – Львів: Видавництво ЛНУ «Львівська політехніка», 2004. – 336 с.
7. Тенненбаум М.М. Довговічність сільськогосподарських машин та її забезпечення в СРСР та за кордоном (оглядова інформація). - К.: ЦНДІТЕІ тракторсільмаш, 1980, 50 с.
8. Паламарчук І.П., Гудзенко М.М., Науменко О.В., Лялик А.Т., Бейко Л.А., Рибчинський Р.С. Надійність обладнання харчових виробництв. Частина 3 "Розрахунок та оцінка параметрів надійності технічних систем за методиками теорії ймовірності" [Навчальний посібник] / За ред. проф. І.П. Паламарчука. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2023. – 534 с.
9. Дубов Ю.А., Травкін С.І., Якимець В.М. Багатокритеріальні моделі формування та вибору варіантів систем. - К: Наука, 1986, 295 с.
10. Мушик Е., Мюллер П. Методи прийняття технічних рішень (пер. з

ньому.). - К: Світ, 1990, 206 с.

11. Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Костенко О.М. Вібраційні процеси та обладнання у переробному сільськогосподарському виробництві. - Вінниця: ВЦ ВНАУ, 2016 – 266 с.

12. Крашаков І.С. Квантова механіка біотехнічних систем. – Вінниця: аграрний університет, 1991. – 96 с.

13. Математична енциклопедія. ред. колегія: І.М. Виноградів (гл. ред.) та ін. у 5 томах. - К: Радянська енциклопедія, 1977-1985.

14. Кедров Б.М. Про великі перевороти у науці. - К: Педагогіка, 1986, 112 с.

15. Кедров Б.М. Про творчість у науці та техніці. - К: Молода гвардія, 1987, 192 с.

16. Крайнев А.Ф. Словник-довідник з механізмів. - К: Машинобудування, 1987. - 560 с.

17. Саломат Ю.П. Як стати винахідником: самовчитель для інженерів та вчителів. - К: Просвітництво, 1990, 240 с.

18. Василенко П.М. Побудова математичних моделей машинних агрегатів // Електрифікація сільського господарства, 1975 №11, с.60-62.

19. Василенко П.М. Про методику побудови математичної моделі машинного агрегату// Електрифікація сільського господарства, 1976 №7, С.54-56.

20. Лур'є А.Б., Давідсон Є.І., Ванге А.М., Дубровський Б.Ц. Статистичні методи побудови математичних моделей машин // Електрифікація сільського господарства, 1974 №3, С.53-56.

21. Лур'є А.Б. Лінійна модель агрегату// Електрифікація сільського господарства, 1975 №6.

22. Лур'є А.Б. Удосконалення оцінки автоматичних систем управління технологічними процесами // Електрифікація сільського господарства, 1986 №5, С.28-30.

23. Конарьов Б.М. Допитливим про хімію. Неорганічна хімія. - 2 вид. перероб. - К: Хімія, 1984. - 224 с.
24. Половінкін А.І. Основи інженерної творчості. - М: Машинобудування, 1988. - 368 с.
25. Новіков Ю.Ф. Коефіцієнт біоконверсії. - К.: Агропромвидат, 1989. – 320 с.
26. Несміянов А.М., Беліков В.М. Їжа майбутнього. - 2-ге вид. - К: Педагогіка, 1985. - 128 с.
27. Берник П.С., Паламарчук І.П. Конвеєрні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки. - К.: Вища школа, 1996.- 237 с.
28. Паламарчук І.П., Булгаков В.М., Свіренєв М.О., Дрига В.В., Черниш О.М., Яременко В.В. Вібраційні машини сільськогосподарського виробництва. - Вінниця: ВНАУ, 2012. – 256 с.
29. Palamarchuk, I., Turcan, O., Palamarchuk, V. Justification of the design and technological scheme of infra-red vibrating conveyor dryer for post-harvest processing of loose agricultural products. Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Engineering. 2015. Vol. 1 (89). P. 117-123.
30. Palamarchuk, I. P., Palamarchuk, V.I., Drachyshyn, V.I, Substantiation of parameters of the elastic system of the vibroconveyor machine with kinematic combined vibration excitation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2013. Vol. 6/7(66). P. 25-30.
31. Паламарчук І.П. Розвиток конструктивних та технологічних схем вібраційних конвеєрних машин з гнучким транспортуєчим елементом // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.— 1998.— №4. — С. 17 – 22.
32. Слієде П.Б. Дослідження пошарового руху сипучого матеріалу при поздовжньому вібротранспортуванні. У кн.: Питання динаміки та міцності. - Рига: Зінатне, 1972. - С. 19.

33. Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Vasyliv, V., Zheplinska, M. Substantiation of regime parameters of vibrating conveyor infrared dryers. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019. Vol. 13(1). P.751-758.

34. Palamarchuk, I., Tsurkan, O., Palamarchuk, V., & Kharchenko, S. Research of competitiveness of vibrowave infrared conveyor dryer for postharvest processing of grain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2 (80), P 79-85.

35. Palamarchuk, I., Zozulyak, O., & Mushtruk M. (2022). Substantiation of the technological process system of pectin-containing raw materials dehumidification with physicommechanical factors of intensification. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 15-26

36. Palamarchuk, I., Bandura, V., Palamarchuk, V. Analysis of dynamics of vibroconveyor technological system with kinematic combined vibroexcitation. *MOTROL Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2013. Vol. 15 (4). P. 314-323.

37. Паламарчук І.П., Берник П.С., Яськов В.В., Зозуляк І.А. Тепломасообмінні процеси та обладнання переробних і харчових виробництв. – Львів: В-во ЛНУ „Львівська політехніка”, 2006. – 367 с.

38. Крашаков І.С. Рішення антиномії Рассела. Вібротехніка: праці міжнар. наук. конф. – Вінниця, Континент, 1994. С.83-85.

39. Сухенко Ю.Г., Некоз О.І., Стечишин М.С. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості. – Київ: Елерон, 1993. – 107 с.

40. Сухенко Ю.Г., Литвиненко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: Підручник. – К.: НУХТ, 2010. – 547 с.

41. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Сивак Р.І., Жеплінська М.М. Надійність обладнання галузі: переробні та харчові виробництва:

[Навчальний підручник] / За ред. проф. Ю.Г. Сухенка – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. – 484 с.

42. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. Надійність технічних систем харчових і переробних виробництв. Практикум. – К.: Фірма «ІНКОС», 2019. – 206 с.

43. Синкевич П.М. Методика енергетичної оцінки технологій і комплексів машин виробництва об'ємних кормів // Техніка у сільському господарстві, 1989 №5, с.44-46.

44. Ялпачик Ф.Є., Ялпачик Г.С. Критерії енергоємності подрібнювачів кормів // Електрифікація сільського господарства, 1987 №1.

45. Шаталов А.П.осушувачі повітря в системах мікроклімату тваринницьких приміщень (закордонний досвід) // Техніка у сільському господарстві, 1989 №5, с.15 - 17.

46. Широков О.М. Системний підхід до управління раціональним використанням енергетичних ресурсів // Техніка у сільському господарстві, 1989 №3, с.6-8.

47. Юровицький В. Чи завжди вигідний науково-технічний прогрес?// Винахідник і раціоналізатор, 1988 №11, с.11-12.

48. Ахметов М.Ш. Сонячний генератор для сушіння сіна // Техніка у сільському господарстві, 1986 №7. с.18-19.

49. Кабаков В. І., Коховий І. І., Дробязчина О. С. Сонячна установка для підйому, нагрівання та опріснення води // Техніка у сільському господарстві, 1989. №3, с.24-26.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Паламарчук Ігор Павлович
доктор технічних наук, професор

Крашаков Іван Сисоєвич
кандидат технічних наук, доцент

Гудзенко Максим Миколайович
кандидат технічних наук, доцент

Василів Володимир Павлович
кандидат технічних наук, доцент

Слободянюк Наталія Михайлівна
кандидат сільськогосподарських наук, професор

МОДЕЛЮВАННЯ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

Монографія

**За редакцією доктора технічних наук, професора
І.П. Паламарчука**

Видавець ФОП Ямчинський О.В
03022, Київ, вул. Васильківська, 32
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 6554 від 26.12.2018 р.

Формат 60×84/16. Наклад 100 пр. Ум. друк. арк. 25,9. Зам. № 140.
Виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»
03022, Київ, вул. Васильківська, 32
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.