



Кузнецов Д. І.,
Купін А. І.

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГРУПОВОЇ СПЕКТР-СТРУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Розглядається процес отримання, збереження та подальшої обробки даних у інформаційній технології групової спектр-струмової діагностики асинхронних двигунів. Наведено структуру бази даних та бази знань експертної системи у складі системи підтримки прийняття рішень моніторингу поточного стану асинхронних двигунів. Проведено аналіз та наведено схему взаємодії бази даних та бази знань.

Ключові слова: база даних, база знань, асинхронний двигун, моніторинг, інформаційна технологія.

1. Вступ

У силу своєї популярності, оптимальному використанню асинхронних двигунів (АД) перешкоджає їхня висока пошкоджуваність, тому що АД розраховуються на строк служби 10–15 років без капітального ремонту, при умові їхньої правильної експлуатації, де під правильною експлуатацією розуміється його робота у відповідності із номінальними параметрами, вказаними у паспорті двигуна [1–3].

Це призводить до порушення безперервності технологічних процесів з наступним браком продукції, витратами на відновлення і ремонт електродвигунів, а також на відновлення нормальних технологічних процесів виробництва. У свою чергу, використання методів, засобів та інформаційних технологій контролю та аналізу поточного технічного стану асинхронних електродвигунів, дозволяє впровадити інформаційну технологію обслуговування асинхронних електродвигунів за поточним станом. Дана інформаційна технологія, шляхом моніторингу поточного стану обладнання, дозволяє до мінімуму знизити збитки від негативних наслідків за рахунок раннього виявлення дефектів, що зароджуються. При цьому витрати на технічне обслуговування асинхронних електродвигунів можуть знизитися до 50 % у порівнянні із обслуговуванням «за графіком» [4].

Недоліками існуючих методів, засобів та інформаційних технологій є неврахування конструктивних особливостей досліджуваного обладнання, які впливають на процес моніторингу поточного стану і знижують ймовірність розпізнавання дефектів, а також неможливість одночасного аналізу декількох досліджуваних об'єктів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогоднішній день існують досить поширені інформаційні технології (ІТ), методи та засоби цифрової діагностики електрообладнання, зокрема асинхронних електродвигунів. Одним із перспективних варіантів розв'язання задач моніторингу та діагностики електрообладнання є використання спектр-струмової діагностики на основі використання апарату нейромереж [5, 6]. Нейронні

мережі можна використати для розв'язання задач класифікації, зменшення рівня шуму, виділення параметрів та розпізнавання змістовних елементів цифрових сигналів з високою точністю і швидкодією. Тому дані задачі є складовою загальною проблемою цифрової обробки сигналів і на сучасному етапі є важливі та актуальні.

У свою чергу з метою створення ІТ групової спектр-струмової діагностики АД можна використовувати системи підтримки прийняття рішень (СППР) [4, 6]. Дані системи являють собою інструменти (апаратні та програмні), які здатні допомогти оператору на підприємстві прийняти правильне та вчасне рішення. СППР дозволяє проводити вибір рішень деяких неструктурованих та слабо структурованих задач, у тому числі й багатокритеріальних.

Відомо, що для аналізу кількісної та якісної інформації в даних системах використовуються різні математичні методи, наприклад, теорія ігор, теорія масового обслуговування, методи теорії ймовірності та ін. У випадку даної ІТ у якості математичних методів, використовуваних для формалізації та аналізу кількісної та якісної інформації, використовується швидке перетворення Фур'є [6]. Використання даного математичного апарату необхідне для формування вихідних даних як для експертної системи та оператора, так і для аналізу вирішувачем.

Розроблювана СППР у випадку моніторингу декількох технологічних об'єктів (електродвигунів, гідроциклонів, сепараторів, компресорів тощо), повинна оброблювати великий потік даних (характерні частоти та величина спожитого струму для кожного ввімкненого двигуна), які швидко змінюються, і при цьому приймати правильні та вчасні рішення [7].

Тому досить важливою задачею є організація, отримання, зберігання та обробка даних. Де вибір правильної структури зберігання даних та їх подальшої взаємодії може істотно вплинути на загальний час реакції системи у процесі моніторингу поточного стану АД.

3. Мета та задачі досліджень

Науковою задачею виконаних досліджень є розробка структури еталонних, поточних та результуючих даних ІТ

групової спектр-струмової діагностики АД. Також досить важливою задачею є аналіз та вдосконалення процесу отримання та збереження технологічних даних для подальшого їх аналізу та збереження.

4. Аналіз процесу отримання технологічних даних про АД

У загальному випадку модель СППР на основі ІТ групової спектр-струмової діагностики АД та її інформаційні потоки представлені на рис. 1.

На рис. 1 досліджувані АД під'єднуються до однофазної або трьохфазної мережі живлення і у процесі своєї роботи та власних конструктивних особливостей утворюють у електромережі вищі гармоніки. У свою чергу, з метою подальшого дослідження вищих гармонік підсистема збору технологічної інформації, яка може бути представлена звичайним аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП), перетворює аналоговий сигнал у цифровий з подальшим формуванням спектрального шуму електромережі для аналізу [8, 9].

Завданням системи управління базами даних (СУБД) є збереження та управління всіма необхідними даними для правильної та ефективної роботи СППР. Зокрема до таких даних можна віднести:

- дані, які відповідають за збереження еталонного зразку роботи досліджуваного АД;
- дані, які відповідають за поточні значення параметрів роботи досліджуваного АД.

Але слід відмітити те, що особливостями роботи будь-якого підприємства є наявність

динамічних складових, наприклад, використання АД на конвеєрних стрічках, класифікаторах тощо. Тому у відповідності до особливостей ІТ групової спектр-струмової діагностики АД необхідно дану особливість враховувати, наприклад, корегувати відповідні висновки, які може прийняти СППР відповідно до умов технологічного процесу.

Отже, з метою врахування динаміки технологічного процесу інформаційні потоки запропонованої інформаційної технології приймуть наступний вигляд (рис. 2).

На рис. 2: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – спектр шуму електромережі; $I(t)$ – струм; $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$ – вищі гармоніки, створювані АД; $X_{СКПР}$ – рішення щодо поточного стану АД; $\alpha(t)$ – характер робочого процесу; $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ – вищі гармоніки, створювані іншими не досліджуваними об'єктами; $Z(t)$ – характер завантаженості АД; $\varphi(t)$ – характер роботи не досліджуваних об'єктів; χ – рішення ЛПР; ЛПР – людина, яка приймає рішення; δ – вектор параметрів налаштування СКПР.

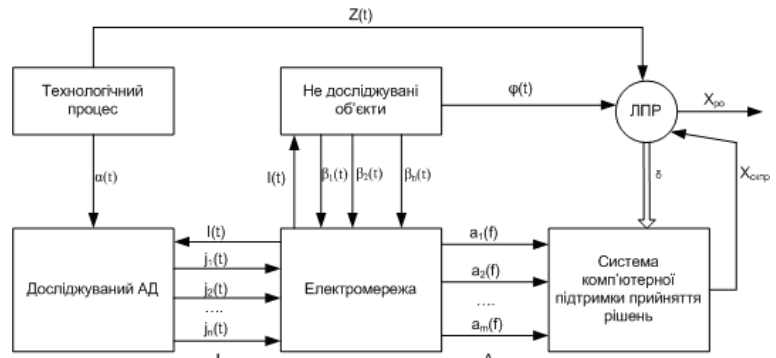


Рис. 2. Узагальнена інформаційна модель автоматизованого прийняття рішень

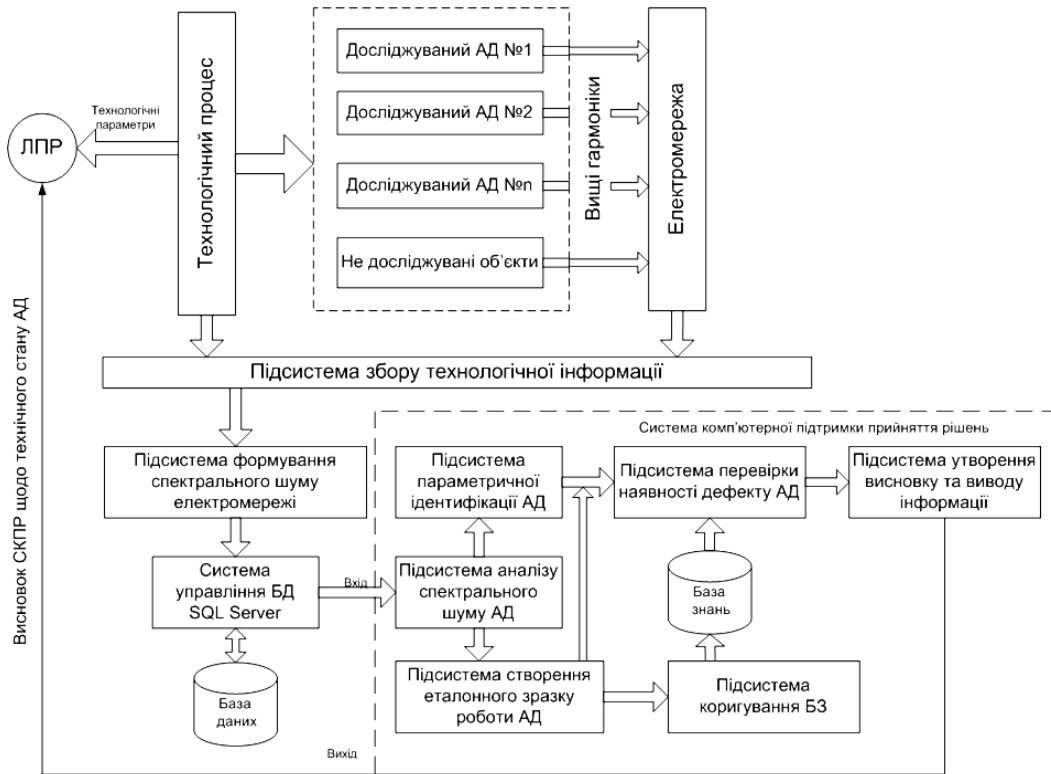


Рис. 1. Модель СППР та її інформаційні потоки

На основі запропонованих моделей інформаційних потоків можна зробити висновок, що єдиним параметром, який необхідно зберігати у БД є спектр шуму електромережі. У свою чергу весь спектр шуму електромережі запису до БД не підлягає, а тільки характерні частоти (ХЧ). Під ХЧ слід розуміти частоти, на яких значення амплітуд спектрального шуму АД приймають максимальні значення, а їх кількість обирається в залежності від майбутньої точності ідентифікації АД. У середньому кількість ХЧ складає 4–7 шт. відповідно до досліджень [7, 10].

5. Структура даних ІТ групової спектр-струмової діагностики АД

На основі аналізу існуючих підходів до організації, збереження та взаємодії даних за основу було обрано реляційну модель організації. Вона на відміну від існуючих, наприклад, ієрархічної, мережевої характеризується можливістю табличної, реляційної та неупорядкованої організації даних. Зазначені особливості притаманні технологічним даним, які отримує СППР у процесі своєї роботи.

У загальному випадку роботу СУБД можна охарактеризувати наступним алгоритмом (рис. 3).



Рис. 3. Логіко-функціональна схема роботи СУБД ІТ групової спектр-струмової діагностики АД

На рис. 3 у випадку під'єднання досліджуваного об'єкта вперше виконується створення еталонного зразку його роботи (блоки 2–6), у випадку звичайного процесу моніторингу поточного стану АД відбувається запис поточних ХЧ до БД (блоки 7, 8) та порівняння поточних значень із еталонними (блок 9). У випадку, якщо відмінності знайдені, відбувається процес запису до БД «Відмінності» та подальша відправка значень (блоки 10–12) до експертної системи (ЕС).

Процес створення БД «Еталонний зразок» відбувається у декілька кроків. Першим кроком є запис всіх можливих значень ХЧ до БД «Еталонний зразок» протягом деякого часу T . Час T обирається індивідуально до кожно-

го досліджуваного об'єкта у відповідності до особливостей технологічних процесів підприємства та досліджуваного АД і може сягати від декількох хвилин до декількох годин. У результаті отримуємо середні значення ХЧ, які будуть зберігатися у БД «Еталонний зразок» і які відповідають за роботу АД у справному стані.

Якщо відбуваються зміни у технологічному процесі, наприклад, зміна середнього навантаження на двигун, то необхідна корекція БД «Еталонний зразок». У даному випадку відбувається повтор створення БД «Еталонний зразок» для досліджуваного АД. Але, якщо зміна технологічного процесу нестійка, то процес створення нового еталонного зразку, а також можливі реакції СППР слід ігнорувати, про що відповідно слід попереджати оператора.

Структури таблиць відповідних БД представлені на рис. 4, і відповідно структура таблиць відповідає першій нормальній формі.

№ запису	ID двигуна	ХЧ ₁	ХЧ ₂	...	ХЧ _n
1	11001	79	124	189	205
2	11011	179	223	390	409
----	----	----	----	----	----

а

№ запису	ID двигуна	ХЧ ₁	ХЧ ₂	...	ХЧ _n
1	11001	79	124	189	205
2	11011	178	223	391	409
3	11011	179	223	390	409
----	----	----	----	----	----

б

№ запису	ID двигуна	Дата	Час	$\Delta X_{Ч1}$	$\Delta X_{Ч2}$...	$\Delta X_{Чn}$
1	11001	17.03.14	18:05	79	124	189	205
2	11011	18.03.14	19:10	178	223	391	409
3	11011	02.04.14	02:02	179	223	390	409
----	----	----	----	----	----	----	----

в

Рис. 4. Структура основних таблиць БД ІТ групової спектр-струмової діагностики АД: а — таблиця «Еталонний зразок»; б — таблиця «Поточні значення»; в — таблиця «Відмінності»

На рис. 4 «ID двигуна» є первинним ключем для відповідної ідентифікації між даними та досліджуваним об'єктом. «№ запису» є первинним ключем для визначення номеру запису у БД. Разом ключі «ID двигуна» та «№ запису» є составним ключем, за допомогою якого можна однозначно визначити досліджуваний АД, його ХЧ, та час можливих збоїв у роботі.

Невід'ємною частиною будь-якої інтелектуальної СППР є наявність бази знань (БЗ). У свою чергу БЗ являє собою базу даних, яка містить набір фактів, правил та дій, які необхідно виконувати на основі отриманих даних (фактів).

Взаємодію БД з БЗ можна продемонструвати наступним чином. Нехай маємо $\{d/D\}$ — множину станів досліджуваного АД (β), записаних у термінах доменів D . Тоді $\{\tau/T\}$ — множина поточних значень (записи БД «Поточні значення»), за допомогою яких досліджується АД (β), записаних у термінах доменів T . $\{\tau/T\}$ — результати поточних даних конкретного АД.

При діагностуванні АД на вхід БЗ поступають результати поточних даних (ХЧ), а на виході отримуємо список результатів:

$$\forall \beta \{ \bar{\tau}/T \} \rightarrow \text{БЗ} \rightarrow \{ d/D \}. \quad (1)$$

У випадку зворотної задачі: на вході отримаємо стан АД або зміна технологічного процесу, а на виході отримаємо множину нових записів БД «Еталонний зразок», тоді отримаємо наступну залежність:

$$\{ d/D \} \rightarrow \text{БЗ} \rightarrow \{ \tau/T \}_1, \dots, \{ \tau/T \}_n. \quad (2)$$

Слід відмітити те, що у процесі моніторингу поточного стану АД при створенні «Еталонного зразку» можуть виникати різні фактори $\{\mu\}$. Під факторами слід розуміти, наприклад, ремонт АД, зміна технологічного процесу тощо. Тому у загальному випадку, залежність (1) прийме наступний вигляд:

$$\forall \beta \exists \{ \mu \} \subseteq \text{БЗ} : \forall \mu \in \{ \mu \} \rightarrow \{ \bar{\tau}/T \} \xrightarrow{\mu} \{ d/D \}. \quad (3)$$

Отже на основі отриманих залежностей структура даних БЗ матиме наступний вигляд (рис. 5).

№ запису	ID двигуна	Дата	Час	Несправність	Стан
1	11001	17.03.14	18:05	3	0.4
2	11011	18.03.14	19:10	2	0.36
----	----	----	----	-----	----

Рис. 5. Структура даних БЗ ІТ групової спектр-струмової діагностики АД

На рис. 5 під несправністю розуміється номер несправності, під станом ймовірність виникнення відповідної несправності. Узагальнена схема взаємодії бази даних та бази знань представлена на рис. 6.

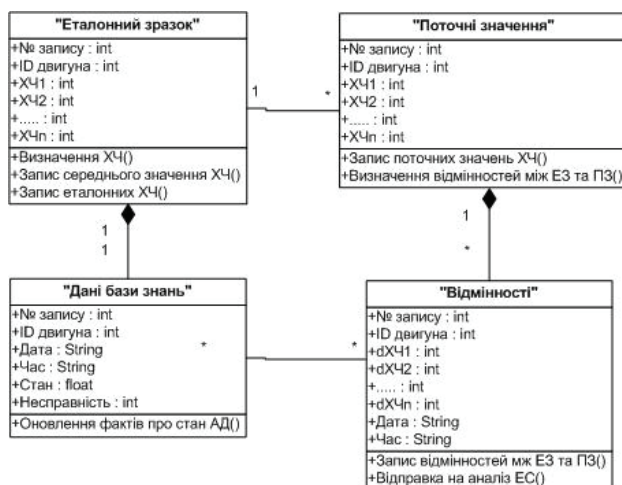


Рис. 6. UML діаграма взаємодії БД та БЗ

Слід відмітити те, що на діаграмі представлено варіант взаємодії, коли досліджується один АД. У випадку декількох досліджуваних об'єктів всі зв'язки змінюються багато до багатьох.

6. Висновки

У результаті виконаних досліджень було проведено аналіз інформаційних процесів у СППР інформаційної технології групової спектр-струмової діагностики АД. В результаті чого сформовано алгоритм функціонування СУБД з метою раціонального запису, збереження та обробки всіх необхідних даних. Розроблено структуру бази даних та бази знань.

Слід відмітити те, що у випадку, коли СППР не може визначити технологічні параметри АД, наприклад, даних про АД немає у БД, або по іншим причинам, то ймовірність про можливий технічний стан моделюється та заноситься до БД та БЗ, і відповідно результат повідомляється оператору. Процес моделювання відбувається на основі створення імітаційної моделі, яка враховує середньостатистичні дані по досліджуваному АД.

Отже, отримані структури бази даних та бази знань можна використовувати при реалізації систем моніторингу поточного стану АД на основі спектр-струмової діагностики. Також, слід відмітити те, що їх структура враховує можливість одночасного моніторингу декількох АД, а також дає можливість підвищити якість розпізнавання АД у випадку використання інтелектуальної класифікації, наприклад, нейронних мереж.

Література

- Петухов, В. С. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока [Текст] / В. С. Петухов, В. А. Соколов // Новости Электротехники. — 2005. — № 1(31). — С. 23–25.
- Кравченко, В. М. Техническое диагностирование механического оборудования [Текст] : учеб. / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров. — Донецк: Витязь, 2006. — 256 с.
- Кузнецов, Д. І. Експертна система розпізнавання дефектів електрообладнання [Текст] : матеріали III Всеук. наук.-техн. конф., 25 вересня 2012 р., Донецьк / Д. І. Кузнецов. — Донецьк: ДонНТУ, 2012. — 185 с.
- Кузнецов, Д. І. Кластерная СППР системы мониторинга текущего состояния электродвигателя [Текст] / Д. И. Кузнецов // Вестник Курганского государственного университета. — 2013. — № 2(29). — С. 84–86.
- Didier, G. Fault detection of broken rotor bars in induction motor using a global fault Index [Text] / G. Didier, E. Ternisien, O. Caspary // IEEE Transactions on Industry Applications. — 2006. — Vol. 42. — P. 79–88.
- Said, M. Detection of broken bars in induction motors using an extended Kalman filter for rotor resistance sensor less estimation [Text] / M. Said, V. Benbouzid, A. Benchaib // IEEE Transactions on Energy Conversion. — 2001. — Vol. 15. — P. 66–70.
- Bernard, S. Compensation of Harmonic Currents Generated By Computers Utilizing an Innovative Active Harmonic Conditioner [Text] / S. Bernard, G. Trochain // MGE UPS Systems. — 2002. — Vol. 18. — P. 19–22.
- Meiton, J. Understanding The New SQL [Text] / J. Meiton, A. Simon. — A Complete Guide, 2003. — P. 135–140.
- Codd, E. Extending the Database Relation Model to Capture More Meaning [Text] / E. Codd // ACM Transaction on Database Systems. — 1973. — Vol. 4. — P. 397–434.
- Grosso, W. Java RMI: Designing & Building Distributed Applications [Text] / W. Grosso. — UCS, 2002. — P. 530–536.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГРУПОВОЙ СПЕКТР-ТОКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассматривается процесс получения, хранения и дальнейшей обработки данных в информационной технологии групповой спектр-токовой диагностики асинхронных двигателей. Приведена структура базы данных и базы знаний экспертной системы в составе системы поддержки принятия решений мониторинга

текущего состояния асинхронных двигателей. Проведен анализ и приведена схема взаимодействия базы данных и базы знаний.

Ключевые слова: база данных, база знаний, асинхронный двигатель, мониторинг, информационная технология.

Кузнецов Денис Иванович, ассистент, кафедра компьютерных сетей та систем, Криворізький національний університет, Україна.

Купін Андрій Іванович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних мереж та систем, Криворізький національний університет, Україна.

Кузнецов Денис Иванович, ассистент, кафедра компьютерных систем и сетей, Криворожский национальный университет, Украина, e-mail: kuznetsov-dennis@yandex.ru.

Купин Андрей Иванович, доктор технических наук, профессор, кафедра компьютерных систем и сетей, Криворожский национальный университет, Украина, e-mail: kupin@mail.ru.

Kuznetsov Dennis, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: kuznetsov-dennis@yandex.ru.

Kupin Andrew, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: kupin@mail.ru.

УДК 332.1(477)

**Чернышева Д. А.,
Лисицкий В. Л.**

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОРТФЕЛЯ ТОВАРОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Решается задача создания адекватной алгоритмической модели формирования стратегического портфеля товаров предприятия. Алгоритмическая модель интегрирует в себе качественные и количественные методы моделирования хозяйственной деятельности предприятия, содержит алгоритмические модели экспертных процедур определения морфологии стратегического портфеля товаров, ранжирование стратегических товаров по рискам, а также алгоритмическую модель определения оптимальной структуры стратегического портфеля товаров предприятия.

Ключевые слова: алгоритмическая модель, предприятие, портфель товаров, стратегическое планирование.

1. Введение

Промышленное предприятие является сложной производственно-экономической системой, которая, с одной стороны, входит в состав системы более высокого иерархического уровня (территориальной и национальной системы хозяйствования, отрасли или подотрасли промышленности), а с другой — играет интегративную роль, по осуществлению функций координации и руководства деятельностью производственных подсистем более низкого уровня.

Основными первоочередными задачами современных предприятий, деятельность которых ориентирована на эффективное, долгосрочное, постепенное развитие, выступают: обеспечение устойчивых конкурентных преимуществ, завоевание прочных рыночных позиций, увеличение объема реализованной продукции и чистой прибыли. Очень важным элементом решения этих задач является формирование стратегического портфеля товаров (СПТ).

Чтобы предприятие достигло успеха в условиях скоростных изменений, портфель товаров должен меняться с такой же скоростью или даже идти на опережение. Этому способствуют современные информационные технологии, которые играют роль конструктивного фактора.

Поэтому на основе оптимального стратегического портфеля товаров, разработанного на основе маркетинга, с использованием качественных информационных технологий, предприятие может эффективно функционировать.

Недостаточная разработанность теоретических аспектов формирования стратегического портфеля товаров предприятия обусловила актуальность вопросов разработки алгоритмической модели формирования стратегического портфеля товаров предприятия.

2. Постановка задачи

Рассматривается предприятие с приростным стилем поведения, ведущее хозяйственную деятельность в условиях конкурентной среды. Внешняя среда характеризуется нестабильностью основных своих факторов и их неопределенностью во времени. Основным источником неопределенности является научно-технический прогресс. Для достижения стратегических целей предприятия его СПТ должен изменяться с учетом долгосрочных тенденций в изменении стратегического климата предприятия. Конструктивным фактором, способным обеспечить требуемые свойства СПТ, являются современные ИТ. В связи с этим возникает задача разработки алгоритмической модели формирования СПТ предприятия, способной стать теоретической основой информационной технологии, обеспечивать достаточно полно необходимые функциональные свойства.

Целью данной статьи является разработка алгоритмической модели, которая образует теоретическую основу информационной технологии, автоматизирующую формирование эффективного стратегического портфеля товаров, информационно-аналитической поддержки