

УДК 681.518:663

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED INTELLIGENT CONTROL FOR ALCOHOL PRODUCTION PROCESS

D. Stecenko, A. Ladanyuk, Y. Smityuh

National University of Food Technologies

T. Savchenko

Kyiv National University of Trade and Economics

Key words:

*Grout ratification installation
Intelligent systems
Laboratory information processing systems
Automated control system*

Article history:

Received 20.09.2016
Received in revised form 01.10.2016
Accepted 17.10.2016

Corresponding author:

D. Stecenko

E-mail:

npuht@ukr.net

ABSTRACT

The development of the automated control system (ACS) for grout ratification installation (GRI) was described in the article. Modern analysis and synthesis methods, which are the fundamental basis for the systematic approach, have been considered. The basis for creating such type of system is the concept of building intelligent subsystems of information processing. The particular attention was paid to using modern methods and tools in information processing and analysis, such as laboratory information collection systems that can be integrated into the control system environment.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА СПИРТУ

Д.О. Стеценко, А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх

Національний університет харчових технологій

Т.В. Савченко

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті розглянуто створення системи автоматизованого керування (САК) брагоректифікаційною установкою (БРУ). Основними є сучасні методи аналізу та синтезу, в яких фундаментальну основу складає системний підхід. Основою для створення системи такого типу є концепція побудови інтелектуальних підсистем обробки інформації. Особлива увага звертається на актуальні методи та способи використання сучасних інструментальних засобів обробки й аналізу інформації, такі як лабораторні системи збору інформації, що можуть бути інтегровані в середовище системи керування.

Ключові слова: брагоректифікаційна установка, система автоматизованого керування, лабораторні системи обробки інформації, інтелектуальні системи.

Постановка проблеми. Технологічні комплекси харчової галузі, в тому числі і спиртової, відносяться до складних організаційно-технічних систем. До основних характерних ознак таких систем відносять багатомірність, багатозв'язність і нелінійність [1]. Багатомірність і багатозв'язність об'єкта керування (ОК), такого як БРУ, призводить до неможливості практичного синтезу ефективної структури САК відомими традиційними методами.

Існуючі розробки та приклади використання в промисловості не дають достатньо високої ефективності з точки зору сучасних вимог і стандартів щодо якості етилового спирту й енергоефективності. Це зумовлено несвоечасністю прийняття рішень у складних нештатних ситуаціях і неможливістю комплексного аналізу лабораторної та виробничої інформації внаслідок недостатньо досконалого програмно-технічного й алгоритмічного забезпечення. Такі обмеження спричиняють достатньо високу складність у дотриманні основних критеріїв функціонування [2].

Вирішити коло таких питань можливо за рахунок існуючих парадигм у синтезі САК процесами БРУ. Поряд з цим необхідно використовувати сучасні підходи в галузі створення інтелектуальних систем і програмно-технічні рішення, що дозволять реалізувати вирішення множини задач, які формуватимуть основний функціонал майбутньої системи. Така розробка надасть можливість підвищити ефективність прийняття рішень щодо керування.

Метою статті є синтез САК БРУ на основі методів розробки інтелектуальних систем керування. Передбачається розкриття змісту основних складових — підсистем, які, у свою чергу, формують функціональну структуру. При цьому враховується особливість БРУ як складного об'єкта керування.

Виклад основних результатів дослідження. Синтез системи керування БРУ полягає в реалізації рішень між окремими підсистемами, що входять до загальної структури, враховуючи цілеспрямованість при досягненні поставлених цілей і використанні інтелектуальних алгоритмів керування.

При синтезі структури САК БРУ виділяють такі вихідні дані [2]:

- множину характеристик (особливостей) об'єкта F ;
- вимог до системи управління D , перелік складових яких може змінюватись і доповнюватись у процесі розв'язання задач синтезу.

При цьому множина системотехнічних характеристик системи управління БРУ знаходиться як системотехнічне відображення S :

$$D \times F \rightarrow S, \quad D = \bigcup_i D_i, \quad F = \bigcup_i F_i. \quad (1)$$

Так визначаються просторово-топологічна, функціональна, інформаційна й алгоритмічна структури системи, її місце в загальній САК, інформаційна потужність, розподіл функціональних задач між технічними засобами і персоналом, між апаратними та програмними засобами, методи підвищення надійності.

Основні процедури системотехнічного синтезу САК БРУ можна сформулювати так: загальний критерій, наприклад, мінімум сумарної довжини ліній зв'язку в системі, доповнюється обмеженнями:

$$\min Z = \sum_{i,j \in I} Z(i, j); \tag{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \geq 2; \\ S^T \leq S_{\text{доп}}^T; \\ Z(i, j) \leq Z(i, j)_{\text{доп}}; \\ v \geq v_{\text{доп}}; \\ R_q \leq R_{q \text{ max}}; q \in V, B, \end{array} \right. \tag{3}$$

де ρ — кількість модулів підсистем; S^T — вартість програмно-технічних засобів; $Z(i, j)$ — довжина лінії зв'язку між i -тим та j -тим елементами; v — структурна живучість; R_q — завантаження q -го елемента системи; V — функціональні елементи; B — зв'язки між ними.

Передбачається, що структура оптимальна, коли:

- реалізує набір формалізованих функцій F , які забезпечують досягнення системою заданої мети $Q_{\text{БРУ}}$;

- сукупність показників якості E — найкращий із можливих і його не можна покращити.

Така структура надасть можливість забезпечувати функціональні можливості системи та необхідні показники якості її функціонування. Вид структури (централізована, розподілена) визначається оцінкою якості можливих варіантів.

Задача побудови системи автоматизованого керування БРУ має велику розмірність, яку можна дещо скоротити за рахунок зведення задачі синтезу структури САК до m задач синтезу структури функціональних підсистем та їх наступного агрегування в систему.

Для вирішення задачі слід виділити такі етапи:

1) визначити необхідний перелік програмно-технічних засобів;

2) визначити структуру функціональних підсистем САК БРУ;

3) визначити структуру системи на основі відомих підсистем і технологій їх побудови.

При розробці структури системи такого типу застосовуються, як правило, два способи формування локальних функціональних підсистем: за часовою ознакою (фазами керування та за функціональною). При цьому використовуються такі критерії розбивки, як мінімальне число інформаційних зв'язків (об'єм інформаційних потоків) між підсистемами.

При формуванні функціональних підсистем за часовою ознакою передбачається розділення загального процесу на збір інформації, обробку інформації інтелектуальними методами, а також оперативне керування. Склад виділених підсистем та взаємозв'язки між ними визначаються цілями й критеріями, а також існуючими обмеженнями на ресурси керування БРУ. Окрім того, доцільно було б розділити підсистеми БРУ на ряд ситуаційних зон, керування якими дозволяє отримати рішення поставленої задачі. Такий підхід дозволить здійснити декомпозицію загальної задачі керування.

Основними поняттями ефективності роботи структури керування БРУ у випадках різних виробничих ситуацій є дієвість, гнучкість і динамічність,

тобто структура повинна забезпечувати мінімум часу відгуку на ситуацію будь-якої складності. Такі функції забезпечує модуль розпізнавання аналізу ситуацій, реалізований у вигляді підсистеми системи автоматизованого керування БРУ. До основних функцій входить: виявлення тенденцій розвитку ситуацій на основі аналізу (статистичного), розрахунок часу та ресурсів, необхідних для їх ліквідації, а також координації роботи підсистем.

Якісне і своєчасне прийняття рішень при управлінні БРУ пов'язано із застосуванням ефективних програмних і апаратних засобів автоматизації та впровадженням підсистем підтримки прийняття рішень щодо керування. Генерація рекомендацій і керувань виникає на основі знань, що накопичені спеціалістами — експертами з управління БРУ, із застосуванням інтелектуальних алгоритмів обробки даних.

Інтелектуалізація процесів обробки інформації в САК насамперед пов'язана із застосуванням методів і засобів інженерії знань, що являють собою програмно-апаратні комплекси, які використовують експертні знання для розв'язку неформалізованих задач у вузькій предметній області.

Із зростанням складності систем керування і кількості інформації людська здатність робити точні і змістовні висновки про хід процесу зменшується [5]. В деяких випадках складність об'єкта управління не дозволяє людині приймати правильне і своєчасне рішення, тому об'єкт умовно розподіляють на підоб'єкти, що виконують закінчені технологічні операції. Число операторів, які управляють процесом, при цьому збільшується, що відображається, відповідно, у структурі САК.

При побудові ефективної структури системи автоматизованого керування пропонується використання підходів для створення інтегрованих багаторівневих САК [2; 3]. Для реалізації такого підходу пропонується використання спеціальних програмних засобів програмного сімейства Proficy. Такі засоби дозволяють забезпечити організацію отримання інформації з нижніх рівнів, а саме: SCADA — вузлів на базі системи Proficy FIX та передачу її на рівень інформаційного аналізу й прийняття узгоджених рішень на рівні аналізу виробничих процесів.

Як єдину базу даних збору виробничої інформації для їх передачі на верхній рівень використовуємо архів виробничої інформації Proficy Historian, що дозволяє здійснювати архівування та накопичувати інформацію з урахуванням вимог щодо реального часу. У свою чергу, для збору лабораторних даних пропонується використати систему LIMS I-LDS, що є інформаційним ядром контролю якості. Така система дозволяє:

- поліпшити контроль якості, забезпечуючи одноманітність виконання функцій співробітниками ІІ;
- гарантувати своєчасне надання керівництву коректної інформації про якість роботи лабораторії, отримання в режимі реального часу інтегрованих даних у диспетчерські системи і системи планування ресурсів підприємства;
- підвищувати ефективність роботи співробітників, оптимізувати бізнес-процеси за рахунок планування її діяльності і раціонального використання ресурсів (персоналу, приладів, обладнання, реагентів і стандартних зразків);

- скорочувати час виконання випробувань, автоматизуючи розрахунок методик вимірювання, формування звітності та складання документів про якість спирту.

ЛІМС — це не тільки автоматизація повсякденної роботи лабораторії, а й підтримка виробництва, системи якості, взаємовідносин з регулюючими організаціями, постачальниками. Аналітична система I-LDS дозволяє інтегрування з різними корпоративними системами (MES, ERP) в реальному часі. Інтеграція даних надає можливість проводити спільний аналіз залежностей якості продукції від технологічних режимів, сировини від постачальника, якості товарної продукції, претензій покупців стосовно партій.

Аналітична система I-LDS — веб-рішення, яке є складовою комплексу систем управління підприємством, що дозволяє оперативно формувати аналітичну звітність за будь-які тимчасові інтервали. Сховище даних аналітичної системи — це окрема база даних, яка складається з однієї або декількох оперативних баз даних (ОБД) I-LDS (рис. 1).



Рис. 1. Структура аналітичної ЛІМС I-LDS

Вивантаження даних з БД у сховище здійснюється за певним регламентом з використанням механізму ETL (від англ. Extract, Transform, Load — дослівно «витяг, перетворення, завантаження», що включає в себе вилучення даних з оперативної БД; трансформацію й очищення (дані повинні відповідати потребам бізнес-моделі); завантаження даних у сховище даних. Зібрані в сховище дані служать для формування аналітичних звітів і дозволяють розвантажити ОБД I-LDS від ресурсномістких завдань аналітичної звітності.

Реалізація аналітичної системи як веб-додатка дає змогу організувати робочі місця без установки додаткового ПЗ на комп'ютери користувачів (досить одного браузера Internet Explorer версії 9 і вище). Користувачі можуть формувати налаштовані заздалегідь звіти, створювати звіти відповідно до своїх вимог, використовуючи вбудований в аналітичну систему дизайнер, зберігати отримані результати у вигляді документів у різних форматах: XLS, HTML, PDF.

Побудова такої інформаційної вертикалі виробництва має на меті організацію координаційного рівня, який задовольняє вимоги щодо узгодження всіх ділянок виробництва спирту та прийняття своєчасних рішень. Такою інформаційною вертикаллю є багаторівнева система керування, архітектура якої включає єдиний архів виробничої інформації, програмне забезпечення аналізу оперативних показників.

Для побудови відповідної інформаційної вертикалі, отримання інформації від БРУ та лабораторії, передачу її на верхній рівень використовують відповідні програмно-технічні інтерфейси. Враховуючи реалізованість нижнього рівня САК БРУ, головним завданням є побудова верхнього рівня — системи інтелектуального аналізу й керування.

З нижнього рівня АСУ ТП, а саме: рівня SCADA — системи FIX, інформація через програмні інтерфейси OPC-колектори надходить на верхній рівень — рівень єдиного архіву Historian, де здійснюється її поточне архівування в базу даних, яка складається з таблиць. Дані лабораторних аналізів надходять у систему архівування через робочі станції й обробляються в модулі LIMS.

Єдиним інтерфейсом, що дозволяє здійснити отримання інформації в сторонні програми з середовища-архіву Historian, є його інтегрована підсистема Excel Add in, тобто даний інтерфейс дозволяє відтворювати інформацію на рівні таблиць Excel, а далі через програмні інтерфейси Excel здійснювати передачу на верхній рівень — інтелектуальну систему автоматизованого управління БРУ. У свою чергу, здійснюється передача обробленої інформації на рівень виробничого аналізу MES рівень — рівень керування виробництвом. Опрацьована інформація через програмні інтерфейси надходить на рівень SCADA — системи.

Для відтворення інформації на верхньому рівні на рівні Web реалізована система верхнього рівня Proficy Real Time Information Portal (RTIP) (рис. 2).

При розробці САК БРУ слід врахувати багаторівневність системи управління й задач на кожному з рівнів управління.

Враховуючи особливості процесу брагоректифікації, були сформовані база знань і база інтелектуальних алгоритмів керування, а також визначені режими роботи САК, яка забезпечує такі функціональні можливості [4; 5]:

- розпізнавання аварійних і режимних ситуацій;
- реєстрація режимних змінних;
- навчання в режимі роботи САК БРУ;
- аналіз ситуації та видача рекомендацій щодо прийняття рішення у виробничій ситуації;

- режим коректування і заповнення бази знань [6; 7], бази даних і списку навчання;
- режим прогнозування вирішення ситуацій в умовах невизначеності;
- режим імітаційного функціонування.

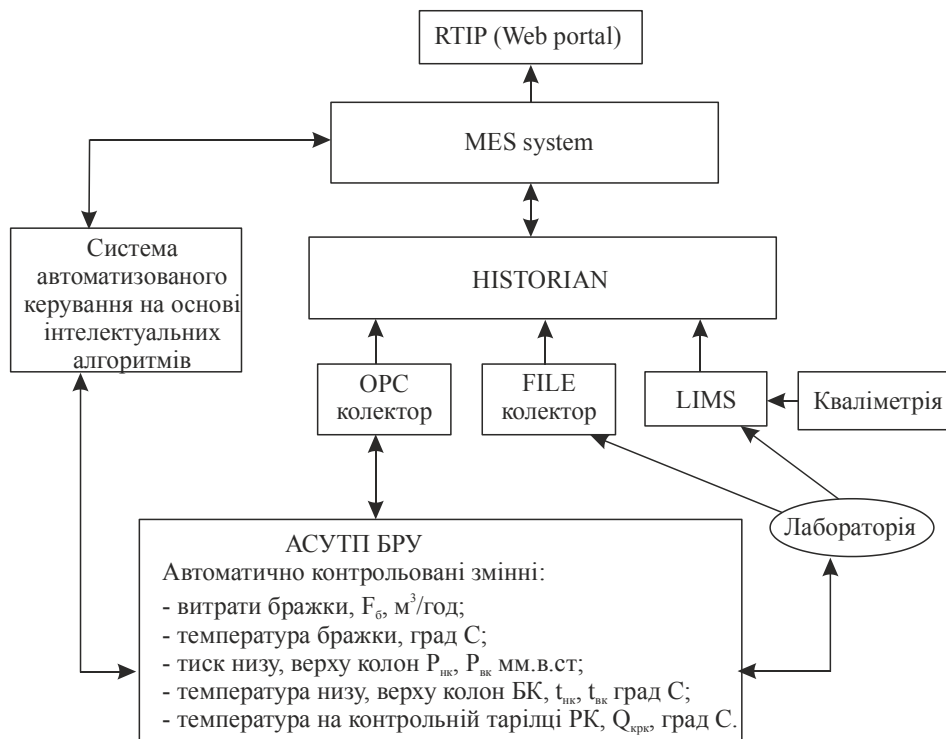


Рис. 2. Інформаційна вертикаль системи автоматизованого керування БРУ

Структура САК БРУ наведена на рис. 3.

У режимі навчання системи спеціаліст із знань формує модуль знань та інтелектуальних алгоритмів, що має множину елементів, які являють собою опорні множини повного набору ознак. У зв'язку з тим, що ситуацію може характеризувати декілька ознак, інші ознаки повного набору суттєво не впливають на визначення ситуації та вибір необхідного алгоритму керування і їх можна видалити з бази знань. База знань побудована на основі продукційної моделі [6] та реалізується на основі нечіткої логіки.

Згідно з режимом роботи, програма обміну даними поновлює дані про об'єкт для інтелектуальної підсистеми, яка з певним інтервалом поновлює свою базу даних в оперативній пам'яті. Процедура режиму «навчання» або «радника» згідно з алгоритмом розпізнавання аналізує дані, які надходять і, якщо ситуація не ідентифікована, пропонує вибір певного алгоритму керування. За оцінкою спеціаліста ситуацію можна ігнорувати або продовжувати спостереження за технологічним процесом та управління ним. У випадку виникнення характерних ситуацій, наприклад, перевищення величини певної

змінної вище або нижче за норму, формується опис ситуації (параметри ситуації). Разом з цим формуються рекомендації щодо встановлення нормального режиму роботи в даній ситуації і вносяться в базу знань.

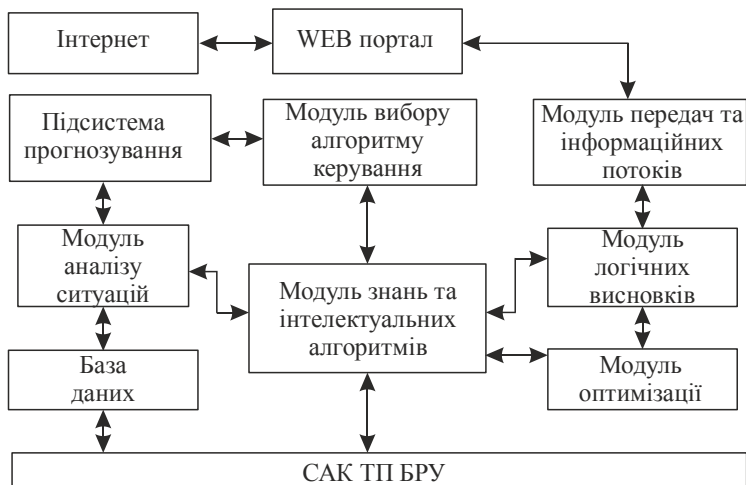


Рис. 3. Структура системи автоматизованого управління БРУ на основі інтелектуальних алгоритмів

Діапазон змінної обирають залежно від динаміки технологічного процесу, похибки вимірювання. Якщо діапазон великий або занадто малий, то ймовірність помилкової ідентифікації ситуації підвищується. В окремих випадках при малих діапазонах зміни необхідно створювати додаткові логічні правила, що ідентифікують ситуацію.

Якщо інтелектуальна підсистема не знаходиться в режимі навчання, то вона працює в режимі «радника». Якщо ситуація певною мірою ідентифікована, враховуючи можливу поведінку розвитку процесів брагоректифікації, оператор має можливість обрати необхідний алгоритм керування БРУ. САК БРУ формує список рекомендацій і, якщо необхідно, проводить перевірку умов виконання тих або інших дій.

У режимі корегування бази знань проходить настроювання роботи інтелектуальної підсистеми [8; 9] на конкретний режим проходження процесів брагоректифікації. Розглянемо призначення вказаних структур і порядок їх створення та корегування.

Режим лінгвістичного прогнозування використовується для оцінки ситуацій в умовах невизначеності, в основу даного модуля покладена модель штучних нейронних мереж.

Лінгвістична складова АСУТП БРУ безупинно відслідковує стан системи з метою своєчасного втручання в процес регулювання шляхом видачі «рекомендації» щодо регулювання технологічного процесу, якщо буде потреба. База знань лінгвістичної складової може поповнюватися в міру появи нових, раніше не «певних» ситуацій, що дозволить заносити в базу знань ситуації, які повністю враховують специфіку окремого устаткування й особливості колон, що беруть участь у процесі брагоректифікації [1].

Таким чином, дана САК може бути віднесена до класу інтелектуальних систем керування [10], оскільки вона враховує зміни реальних характеристик апаратів і конкретного устаткування й автоматично пристосовується до змін, що відбуваються в об'єкті керування та зовнішньому середовищі. Також система може працювати в режимі імітаційного функціонування, який має такі основні цілі: уточнення технічних рішень щодо вибору обчислювальних засобів САК і розподілення функцій між ними; перевірка узгодженості функціонування технічних засобів системи нижнього рівня, оцінка ефективності роботи САК БРУ.

При синтезі структури САК БРУ було враховано основні структурні елементи майбутньої системи та функціональність кожної структурної одиниці.

Висновок

Розробка САК БРУ в такому форматі є принципово новою і немає аналогів в Україні. Це дасть змогу підвищити ефективність виконання функцій, затребуваних на підприємстві, дозволить фахівцям заводу і споживачам виробленої продукції бути впевненими в дотриманні контролю якості на всіх етапах виробництва. Сучасні методи інтелектуальної обробки та інтегровані інформаційні системи, що є джерелом даних про якісні, кількісні результати випробувань, характеристики БРУ, надають можливість у режимі реального часу інтегрувати дані в диспетчерські системи і системи планування ресурсів підприємства.

Література

1. *Стабников В.Н.* Ректификация в пищевой промышленности. Теория процесса, машины, интенсификация / В.Н. Стабников, А.П. Николаев, М.Л. Мандельштейн. — Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 232 с.
2. *Ладанюк А.П.* Системний аналіз складних систем управління: Навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. — Київ, НУХТ, 2013. — 276 с.
3. *Трегуб В.Г.* Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб; Національний університет харчових технологій. — Київ: НУХТ, 2006 — 139 с.
4. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. — Київ: Центр учбової літератури, 2014. — 280 с.
5. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskiy, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. — Kyiv: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014. — 240 p.
6. *Кишенько В.Д.* Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. напряму 0925 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч. / В.Д. Кишенько. — Київ: НУХТ, 2008. — 133 с.
7. *Литвин В.В.* Бази знань інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень / В.В. Литвин. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. — 240 с.
8. *Осипов Г.С.* Лекции по искусственному интеллекту / Г.С. Осипов. — Москва: Либроком, 2012. — 272 с.
9. *Рыбина Г.В.* Основы построения интеллектуальных систем: Учебное пособие / Г.В. Рыбина. — Москва: Финансы и статистика, 2009. — 432 с.
10. *Евменов В.П.* Интеллектуальные системы управления / В.П. Евменов. — Москва: Либроком, 2009. — 144 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА

Д.О. Стеценко, А.П. Ладанюк, Я.В. Смитюх

Национальный университет пищевых технологий

Т.В. Савченко

Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье рассматриваются системы автоматизированного управления (САУ) брагоретификационной установкой (БРУ). Используются современные методы анализа и синтеза, фундаментальной основой которых является системный подход. Основой для создания систем такого типа послужила концепция построения интеллектуальных подсистем обработки информации. Особенное внимание уделяется актуальным методам и способам использования современных инструментальных средств обработки и анализа информации, таким как лабораторные системы сбора информации, которые могут быть интегрированы в среду системы управления.

Ключевые слова: *брагоретификационная установка, система автоматизированного управления, лабораторные системы обработки информации, интеллектуальные системы.*