

**Плосконос Віктор Григорович**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Плосконос Виктор Григорьевич**

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
доцент кафедры экологии и технологии растительных полимеров  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Ploskonos Viktor**

*Candidate of Technical Sciences, Senior Scientist,  
Assistant Professor of the Department of Ecology and Plant Polymers Technology  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

## АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ КАРТОННО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА З МІНІМАЛЬНИМ СПОЖИВАННЯМ СВІЖОЇ ВОДИ

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ КАРТОННО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА С МИНИМАЛЬНЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ СВЕЖЕЙ ВОДЫ

## THE STATE ANALYSIS OF THE CARDBOARD AND PAPER PRODUCTION SYSTEMS WITH MINIMAL CONSUMPTION OF FRESH WATER

**Анотація.** В результаті аналізу розроблено основні аспекти системного підходу до вирішення проблем, що виникають в системах водокористування виробництва паперу та картону з мінімальним споживанням свіжої води на виробничі потреби.

**Ключові слова:** система водокористування, процедури системного аналізу, математична модель, імітаційне моделювання.

**Аннотация.** В результате анализа разработаны основные аспекты системного подхода к решению проблем, возникающих в системах водопользования производства бумаги и картона с минимальным потреблением свежей воды на производственные нужды.

**Ключевые слова:** система водопользования, процедуры системного анализа, математическая модель, имитационное моделирование.

**Summary.** As a result of the analysis, the main aspects of the system approach to solving of problems arising in water use systems of paper and paperboard production with the minimum consumption of fresh water for production needs are developed.

**Key words:** system of water use, procedures of system analysis, mathematical model, simulation modeling.

**А**наліз технологічних систем виробництва паперу та картону переконує, що це переважно системи, які характеризуються розгалуженими водопотоками між технологічним обладнанням та очисними спорудами. За всіма ознаками вони можуть бути віднесені до класу складних систем, тому і потребують особливого підходу до аналізу їх стану. Особливо це актуально в процесі рекон-

струкції технологічної системи чи проектування нової.

Стан технологічної системи такого типу в заданий інтервал часу визначається динамікою потоків та різноманітними показниками, які характеризують стан окремих її елементів, їх входів та виходів.

Важливо також відмітити, що такі технологічні системи крім розгалуженості потоків

характеризуються значними обсягами води у виробничому циклі, як свіжої, так особливо води, яка використовується повторно в процесі виробництва. Частина води повторного використання, пройшовши очисні споруди, скидається в природні водойми, тому прогнозування її якісних показників наряду з водою, що використовується повторно в системі виробництва, з точки зору охорони природнього навколишнього середовища, теж є актуальною.

Впровадження маловідходних технологічних процесів, а саме: систем з мінімальним споживанням свіжої води, дозволяє більш повніше та комплексно використовувати природні, сировинні, матеріальні і енергетичні ресурси та виключає або суттєво знижує шкідливий вплив системи виробництва на природне навколишнє середовище.

Разом з тим, важливим аспектом маловідходних технологічних процесів є інтенсифікація використання зворотних вод на фоні значного скорочення споживання свіжої води у виробничому циклі. В результаті такої інтенсифікації виникає ефект взаємного впливу стану води, що повертається у виробничий процес, на якість продукції та роботу технологічного обладнання. І яким чином відреагує складна технологічна система виробництва на зміну умов використання води — питання для технологів із серії, які потребують детального аналізу та вивчення.

Загальною науковою проблемою є питання, які виникають при внесенні змін в перелік агрегатів і обладнання чи в структуру водопотоків технологічної системи в процесі її реконструкції, або коли пропонуються нові ідеї під час проектування технологічної системи. На той момент від спеціалістів вимагається глибоке розуміння наслідків впливу динамічних закономірностей (кількісних і якісних), властивих розглянутим системам, тому що перед ними завжди стоїть єдина мета — спрямувати функціонування досліджуваної системи на випуск якісної продукції.

Спроби ж відтворити на одному із діючих підприємств галузі технологічні умови підприємства, що проектується, не можуть дати бажаних результатів, оскільки кожне підприємство — це складний об'єкт, який характеризується тільки йому присутньою множиною різних вузлів і апаратів, що функціонують в певному режимі, а також оригінальною структурою їх взаємозв'язку. А в умовах інтенсифікації використання зворотних вод у виробничому процесі настільки зростає взаємовплив вузлів (апаратів), що неможливо наперед знати, як відіб'ються зміни в структурі системи або режимі роботи апаратів (навіть одного із них) на функціонуванні інших вузлів (апаратів) та на стані всіх водопотоків системи.

Невирішеною частиною наукової проблеми є відсутність методології, тому вирішувати такі досить складні питання доцільно, як на стадії реконструкції об'єкту так і його проектування, базуючись на

науково-обґрунтованій методології прогнозування стану таких складних систем.

Метою даної статті є розробка та впровадження в практику методології дослідження динаміки функціонування складних систем, а саме: системного підходу до вирішення проблем, виникаючих в процесі виробництва паперу та картону з мінімальним споживанням свіжої води.

Для досягнення вказаної мети та базуючись на класичних визначеннях, необхідно уявити, по-перше, що система — це є предмет, явище чи процес, яка складається з якісно визначеної сукупності елементів, що знаходяться у взаємних зв'язках та відносинах, утворюють єдине ціле в своєму функціонуванні [1, 2] і спроможні до взаємодії із зовнішнім середовищем. По-друге, елемент такої системи — це об'єкт, котрий не підлягає подальшому поділу на частини в даному варіанті розгляду системи. По-третє, елементи системи взаємодіють між собою завдяки зв'язкам між ними, що забезпечує їхнє узгоджене функціонування. Встановлюючи зв'язки поміж її елементами, створюють систему шляхом об'єднання входів одних елементів з виходами інших. Так, наприклад, у технологічний процес виробництва паперу та картону як систему через входи поступають напівфабрикати, допоміжні хімічні речовини, свіжа вода, а виходить — готова продукція.

Виходячи з вищевикладеного, технологічна система — це єдине ціле і вона наділена певними сутністними рисами, серед яких, відповідно, цілісність, що фіксує об'єктивну форму існування системного явища та наявність взаємозв'язків між його елементами, а також інтегративність — процес і механізм об'єднання частин в єдине ціле, що спроможне забезпечити життєдіяльність системи.

Разом з тим, аналізуючи будь-яку технологічну систему і враховуючи сукупність зв'язків між її елементами, дуже важливо знати, що існують також інші дуже важливі сутнісні властивості систем. Основна серед яких — емерджентність [1, 2] — системний ефект або явище набування системою нових рис, якостей, властивостей, які не притаманні жодному з об'єктів, з яких вона складається. Як показує практика, ефект емерджентності виникає в результаті інтенсифікації використання зворотних вод і врахувати його можливо лише використавши метод імітаційного моделювання процесів, що відбуваються в технологічній системі.

Розробляючи методологію системного аналізу складних систем, автор акцентував головну також увагу на трьох етапах, які складають основу в процесі вирішення будь-якої задачі проведення системних досліджень.

На першому із етапів увагу зосереджують на побудові моделі досліджуваної системи (формалізованому описі досліджуваного об'єкта). На наступному із етапів формулюються критерії вирішення задачі

системного аналізу (ставиться задача дослідження) і на третьому — вирішується поставлена задача.

Зазвичай, що зазначені етапи проведення системного аналізу є укрупненою схемою рішення задач. У дійсності системний аналіз є досить складною процедурою, тому методологія проведення системного аналізу і головні принципи не можуть бути універсальними — кожне дослідження має свої особливості і вимагає від виконавця інтуїції, ініціативи і уяви, щоб правильно визначити мету проекту і добитися успіху в досягненні поставленої мети.

Разом з тим, практика показує, що на сьогоднішній день певним чином сформувався клас процедур системного аналізу, які можливо вважати узагальненими, що відображають його головні закономірності та необхідно реалізовувати в наступній послідовності:

- вивчення (розробка) структури системи;
- аналіз її складових елементів та виявлення взаємозв'язків між окремими елементами;
- збір даних про функціонування системи;
- дослідження інформаційних потоків системи;
- побудова моделей елементів системи;
- визначення цілей системного аналізу;
- імітаційне моделювання;
- перевірка адекватності моделей;
- формування критеріїв;
- прийняття рішень;
- впровадження результатів аналізу.

Таким чином, якщо слідувати наведеному алгоритму, то в процесі вивчення структури системи (або її створення для нового об'єкту, що проектується), необхідно враховувати, що технологічний процес виробництва паперу і картону — це складна сукупність різних операцій, які відбуваються на окремих агрегатах (апаратах) або їх комплексному поєднанні. І функціонування кожної одиниці обладнання, що входить до складу технологічної системи, залежить не тільки від комплексу параметрів, що характерні цій одиниці обладнання, а також від стану всієї системи в цілому.

З метою побудови структурної моделі системи в цілому та відбиття аспектів взаємодії елементів складної технологічної системи практика рекомендує скористатися теорією графів та топологічним методом аналізу складних систем, який базується на використанні математичних іконографічних (топологічних) моделей систем [5].

Якщо сконцентрувати увагу на двох наступних процедурах системного аналізу, то як впливає із

попередньо проведених досліджень [4, 5], за мінімального споживання свіжої води в технологічному процесі в зворотній воді після багаторазових контактів з волокнистими напівфабрикатами та хімічними добавками відбувається значне накопичення водорозчинних мінеральних та органічних компонентів, а їх присутність може негативно вплинути на якість продукції, що виготовляється. Джерелом забруднення технологічної системи, в найбільшій мірі, є волокнисті напівфабрикати та хімічні речовини, що використовуються в процесі виготовлення готової продукції, а також під час очищення води.

Переконавшись в тому, що процес виробництва картонної та паперової продукції відноситься до класу складних, вирішувати завдання побудови моделей елементів системи, виходячи з теоретичних передумов, необхідно з використанням принципу декомпозиції [7], тобто поділу складної системи виробництва картону або паперу на прості складові частини (блоки). Під ними сприймаються або певні види обладнання, або вузли чи агрегати.

Після того, як остаточно визначені цілі системного аналізу, приступають безпосередньо до процедури імітаційного моделювання (з використанням комп'ютера) ситуацій, які ймовірно можуть виникнути в технологічній системі виробництва. Моделюючий комплекс з допомогою комп'ютера відтворює динаміку процесів, що відбуваються у досліджуваній системі, використовуючи надані в його розпорядження математичні описи та структурні особливості системи.

Важливий акцент методології системного аналізу — практичне підтвердження того, що створені математичні моделі з високою ймовірністю можуть відтворювати динаміку та рівноважний стан технологічного процесу. Тому обов'язковим етапом системного аналізу є перевірка адекватності на діючих технологічних системах підприємств галузі.

**Висновки.** Практичне використання запропонованої в роботі методології з врахуванням поставленої мети дає можливість проаналізувати динаміку зміни рівнів забрудненості водопотоків технологічної системи виробництва водорозчинними мінеральними та органічними компонентами в залежності від обсягів спожитої свіжої води. Разом з тим, більш практичною альтернативою може виглядати розрахунок необхідної і достатньої кількості свіжої води, за якої забрудненість водопотоків буде на такому рівні, що це не суттєво впливатиме на якість готової продукції, а також на роботу очисних споруд.

**Література**

1. Корбутяк В. І. Методологія системного підходу та наукових досліджень — Навчальний посібник, Рівне: НУ-ВГП, 2010. — 176 с.
2. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа — Учебник для студентов ВУЗов, Санкт\_Петербург: СПбГТУ, 2001. — 512 с.
3. Основы моделирования сложных систем / Под редакцией И. В. Кузьмина. — Киев: Вища школа, 1981. — 358 с.
4. Плосконос В. Г., Арестова Г. А., Бойко Л. Н., Герасимчук Л. А. Анализ загрязненности сточных вод растворенными компонентами с помощью математической модели / Проблемы в обл.охраны окруж.среды: Сб.научн.тр./ УкрНПОбумпром — Киев, 1982, с. 36–42.
5. Плосконос В. Г., Литвинова С. Т., Свительский В. П. Использование ЭВМ при разработке малоотходных и безотходных систем водопользования. — В кн.: Всес. н.-техн. конф.по малоотх.технологии и ресурсосбер. технике в лесном комплексе (Архангельск, 24–26 сентября 1985 г.): Тез.докл. М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1985, с. 36–38.
6. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами — К.: «Техника», 1976, 311 с.
7. Кикоть В. С., Плосконос В. Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием самоорганизации и топологического метода анализа. — Автоматика, 1986, № 3, с. 34–42.